

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
LABORATOIRE DE PHYTOTECHNIE TROPICALE ET SUBTROPICALE

4 AOUT 1989

IRCC Montpellier
DOCUMENTATION



ETUDE DE LA RESISTANCE A LA SECHERESSE DU CAFEIER EN COTE D'IVOIRE

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du grade
d'Ingénieur Agronome des régions tropicales et subtropicales

Pierre-Edouard BIESWAL



Pour avoir accepté de reprendre la promotion de ce travail,
nous tenons à remercier Monsieur P. POCHET.

Enfin, je ne voudrais terminer sans remercier
N'DIBI KOUASSI, qui m'assista dans la prise des données.
Il contribua grandement à m'apprendre à respecter et à aimer
son pays et et ses habitants.

A V A N T - P R O P O S

A l'approche de la fin de nos études, un désir croissant de réaliser un stage à l'étranger, nous a amené à rencontrer le Dr Charles RENARD. Il a pu nous proposer de nous rendre en Côte d'Ivoire afin d'y réaliser la présente étude. Aussi, nous tenons à remercier le Docteur Charles RENARD pour la possibilité qu'il nous a aimablement offerte de réaliser notre souhait de découverte d'un nouveau monde.

Nous tenons à marquer notre reconnaissance à Monsieur Eric DELSOL, Directeur de la station d'ABENGOUROU, pour l'accueil chaleureux qu'il nous réserva et sa gentillesse à tout mettre en oeuvre afin que cette étude se déroule dans les meilleures conditions.

Pour l'encadrement technique, nous tenons à remercier Messieurs SNOECK, CHARMETANT et DURIS dont les conseils et avis nous permirent de mener à bien la prise de nos données sur le terrain.

L'amabilité et la compétence de Mademoiselle KESTEMONT facilitèrent grandement l'utilisation d'une méthode statistique parfois ardue, puisse-t-elle trouver ici l'expression de notre gratitude.

Nous sommes également redevable de l'aide soutenue de Monsieur Pierre JOSIS, tant dans l'élaboration de ce travail que dans sa rédaction.

T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>Page</u>
 <u>CHAPITRE 1 - PRELIMINAIRES</u>	
1.1. <u>La Côte d'Ivoire</u>	1
1.2. <u>Le café</u>	3
1.2.1. Coffea Canephora PIERRE	
1.2.2. Coffea Arabusta CAPOT et AKE ASSI	
1.3. <u>La réponse des plantes à un déficit hydrique</u>	6
1.3.1. Mécanisme d'évasion	
1.3.2. Mécanisme de résistance	
1.3.3. Conséquences de ces mécanismes sur la croissance	
1.3.4. Les critères de résistance à la sécheresse chez le caféier.	
 <u>CHAPITRE 2 - MATERIEL ET METHODES</u>	
2.1. <u>Le milieu</u>	14
2.1.1. Le site d'Abengourou	
2.1.2. Le site de Tanda	
2.2. <u>Le matériel végétal</u>	20
2.2.1. L'essai Robusta	
2.2.2. L'essai Arabusta	
2.2.3. L'essai "mulch plastique"	
2.2.4. L'essai localisé à Tanda	
2.3. <u>Appareils et méthodes</u>	30
2.3.1. Le potentiel hydrique	
2.3.2. La conductance stomatique	
2.3.3. Les mesures climatiques	
2.4. <u>Protocole des obserbations et méthodologie</u>	35
statistique	
2.4.1. Protocole expérimental	
2.4.2. Méthodologie statistique	

CHAPITRE 3 - LES RESULTATS

3.1. <u>Les conditions météorologiques générales à</u> <u>Abengourou.</u>	41
3.2. <u>L'essai Robusta</u>	43
3.2.1. Le potentiel hydrique	
3.2.2. La conductance stomatique	
3.2.3. Conclusion de l'essai Robusta	
3.3. <u>L'essai Arabusta</u>	56
3.3.1. Le potentiel hydrique	
3.3.2. La conductance stomatique	
3.3.3. Conclusion de l'essai Arabusta	
3.4. <u>L'essai mulch plastique</u>	65
3.4.1. Le potentiel hydrique	
3.4.2. La conductance stomatique	
3.4.3. Les relations entre le potentiel hydrique et la conductance stomatique	
3.4.4. Conclusion de l'essai plastique	
3.5. <u>L'essai localisé à Tanda</u>	77
3.5.1. Le potentiel hydrique	
3.5.2. Conclusion de l'essai localisé à Tanda	
3.6. <u>Comparaisons entre les essais</u>	81
3.6.1. Comparaison entre Robusta et Arabusta	
3.6.2. Comparaison Robusta adulte - Robusta jeune	

CHAPITRE 4 - DISCUSSION GENERALE

4.1. Les paramètres étudiés et le milieu	83
4.2. Un indice morphologique de résistance à la sécheresse	86
4.3. Conclusion générale	89

BIBLIOGRAPHIE	91
ANNEXE I	94
ANNEXE II	115
ANNEXE III	131
ANNEXE IV	151

I N T R O D U C T I O N

Cette étude a été menée dans le but d'analyser le comportement face à la sécheresse de deux espèces de caféiers cultivées en Côte d'Ivoire : *Coffea canephora* PIERRE et *Coffea arabusta* CAPOT et AKE ASSI. Au delà de nos observations nous nous sommes efforcés de préciser les moyens ou méthodes qui permettraient d'utiliser la résistance à la sécheresse comme un critère de sélection à part entière.

Précisons enfin que ce travail comprend quatre "essais". Ceux-ci ayant été étudiés aux mêmes périodes et selon des méthodes tout à fait analogues, ils seront présentés simultanément.

1.1. LA COTE D'IVOIRE

La Côte d'Ivoire est située en Afrique de l'Ouest, le long du golfe de Guinée. Comme la plus grande partie des cinquante Etats africains, la Côte d'Ivoire n'a été déterminée ni par des frontières naturelles évidentes, ni, certes, par l'homogénéité humaine : soixante ethnies peuplent ce quadrilatère de 322.000 km². Et pourtant, un équilibre géographique et économique a bien été atteint. Un homme est à la base de la réussite ivoirienne, le Président Houphouët-Boigny. Il plaça ce pays, aux ressources modestes et pourvu de faibles infrastructures lors de son accession à l'indépendance, parmi les Etats les plus prospères d'Afrique.

L'agriculture est le principal secteur d'activité de cette nation de 8 millions d'habitants, qui compte encore 80 % de sa population en milieu rural. L'économie de la République ivoirienne repose sur trois ressources : le cacao, le café et le bois.

Premier producteur de cacao au monde (400.000 tonnes de fèves, soit 25 % de la production mondiale), troisième producteur de café (300.000 tonnes de café marchand, soit 6 % de la production mondiale), la Côte d'Ivoire s'est aussi appuyée sur l'exploitation des bois de la forêt naturelle.

L'industrie ivoirienne est surtout représentée par un important secteur de transformation des produits agricoles. Ce secteur comprend des usines de décorticage du cacao et du café, des huileries, des raffineries de sucres, des conserveries de poissons et de fruits.

Epinglons encore deux atouts de cette jeune République :
un enseignement scolaire très répandu et de bon niveau,
et un réseau routier unique en Afrique.

Si la Côte d'Ivoire occupe une place de choix parmi
les pays exportateurs de produits agricoles, elle n'a pas
encore réussi à élargir son champ d'activité à des secteurs
éloignés de l'agriculture. Ce qui explique que les revenus
du pays sont encore essentiellement tributaires des cours
du cacao et du café.

1.2. LE CAFE

Le caféier appartient à la grande famille des Rubiacées dont il constitue le genre *Coffea*, créé par DE JUSSIEU en 1735.

Les deux espèces les plus exploitées dans le monde sont :

Coffea arabica L. et *Coffea canephora* PIERRE

Toutes les tentatives d'acclimatation du *C. arabica* en Côte d'Ivoire se sont soldées par un échec (COSTE, 1968). Seul le *C. canephora* s'adapte aux conditions climatiques de ce pays.

1.2.1. *Coffea canephora* PIERRE

L'espèce *C. canephora* fut découverte en Afrique vers la fin du siècle dernier. Son aire de dispersion naturelle correspond aux zones climatiques chaudes et humides.

Au sein de cette espèce, on distingue de nombreux groupes de caféiers.

Parmi ceux-ci, deux groupes cultivés en Côte d'Ivoire, les ROBUSTA sélectionnés par l'INEAC et les KOUILOU de TOUBA furent comparés sur le plan de la résistance à la sécheresse (LEMEE et BOYER, 1960). Le ROBUSTA, plus productif, s'est avéré moins résistant vis-à-vis de la sécheresse que le KOUILOU. Ce sont, néanmoins, en majeure partie des descendants des clones ROBUSTA en provenance de Yangambi (INEAC), qui furent sélectionnés par l'Institut de Recherche du Café et

du Cacao (IRCC) et vulgarisés ensuite sous forme clonale en Côte d'Ivoire.

Dans la suite de cet exposé, nous adopterons le terme de caféiers ROBUSTA en lieu et place de leur appellation scientifique *Coffea canephora*.

Les caféiers ROBUSTA se caractérisent par une très bonne productivité, un taux de caféine élevé et un arôme médiocre.

Sur le plan génétique, nous retiendrons que le caféier ROBUSTA possède 22 chromosomes, qu'il se reproduit de manière allogame et est auto-incompatible.

1.2.2. Coffea Arabusta CAPOT et AKE ASSI

Afin de remédier aux défauts du caféier ROBUSTA, un croisement de ce dernier avec le caféier ARABICA fut tenté et réussi en Côte d'Ivoire par J. CAPOT.

Des caféiers ROBUSTA ($2n = 22$) préalablement tétraploïdisé à la colchicine furent croisés avec des caféiers ARABICA ($2n = 44$).

Le produit du croisement prit le nom d'ARABUSTA. Les premières familles d'ARABUSTA furent plantées au cours des années 1967 et 1968. Ce caféier possède des qualités organoleptiques intermédiaires entre ses deux parents. L'amélioration de l'arôme et du goût sont sensibles par rapport au ROBUSTA. Comme son parent, l'ARABICA, il est ⁱⁿautocompatible. Son principal défaut consiste dans un manque de fertilité causé par la perte excessive de fleurs.

C'est la raison généralement la plus évoquée pour expliquer la productivité relativement faible (1,5 tonnes de café marchand à l'ha). De plus, la floraison n'étant pas groupée, la récolte des grains demande parfois jusqu'à cinq passages.

Les qualités et défauts de l'ARABUSTA sont maintenant bien connus, il reste à présent à élargir les bases d'une sélection longue, difficile et coûteuse.

1.3. LA REPONSE DES PLANTES A UN DEFICIT HYDRIQUE

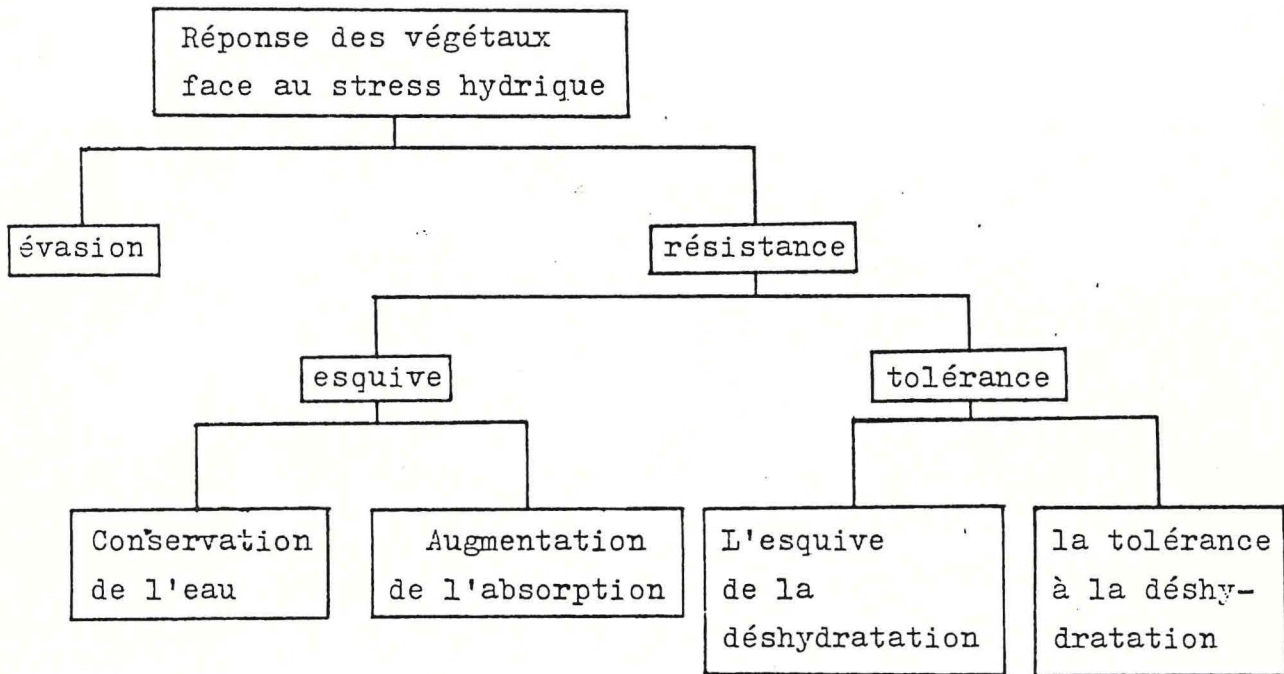
Tout au long de leur vie, les plantes se trouvent confrontées à un dilemme : l'assimilation du gaz carbonique requiert des échanges gazeux intensifs, la prévention d'une perte d'eau excessive demande au contraire des échanges gazeux faibles. Or, le système aérien d'une plante est beaucoup plus perméable ~~au CO_2 qu'à~~ la vapeur d'eau, ^{qu'au CO_2 ;} de plus, cette différence de perméabilité s'accroît fortement avec l'augmentation de la température et la diminution de l'humidité relative. Le dilemme des plantes pourrait être résolu, s'il existait une substance plus perméable au CO_2 qu'à la vapeur d'eau (RASCHKE, 1975). A défaut de posséder un tel matériel, les plantes ont élaboré différents moyens pour s'opposer au dessèchement.

Selon la terminologie de LEVITT, on peut distinguer trois modes de réaction face au stress hydrique (LEVITT, 1972) :

- le mécanisme d'évasion (escape)
- les mécanismes de résistance : l'esquive (avoidance)
la tolérance.

(voir figure 1)

Figure 1 : Diagramme reprenant les différentes réactions des végétaux à la sécheresse (d'après LEVITT, 1972).



1.3.1. Mécanisme d'évasion

L'évasion consiste pour la plante à accomplir tout son cycle en dehors de la période de sécheresse. Ce mécanisme très efficace ne concerne évidemment que les plantes annuelles.

1.3.2. Mécanisme de résistance

1.3.2.1. L'esquive ("avoidance")

L'esquive est la capacité que possède une plante soumise à un stress hydrique de maintenir un potentiel hydrique élevé.

Le potentiel hydrique d'un système (Ψ) est défini ainsi :

$$\Psi = \frac{\mu_w - \mu_w^o}{\bar{V}_w}$$

où μ_w = le potentiel chimique de l'eau du système

μ_w^o = le potentiel chimique de l'eau pure

\bar{V}_w = le volume molaire partiel de l'eau

Le potentiel hydrique est habituellement exprimé en unités de pression.

Il ressort de la formule ci-dessus que le potentiel hydrique de l'eau pure est égal à zéro, alors que le potentiel hydrique d'un système est en général exprimé par un nombre négatif.

Le potentiel hydrique d'une plante (Ψ_f) se décompose en un potentiel osmotique (Ψ_s), un potentiel de turgescence (Ψ_p) et un potentiel matriciel (Ψ_m).

$$\Psi_f = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m$$

Où Ψ_s est une valeur toujours négative, Ψ_p peut être soit positif, soit négatif, la valeur du potentiel matriciel est généralement négligée.

Au sein de l'esquive, on distingue les mécanismes visant à limiter les pertes et ceux visant à augmenter l'approvisionnement en eau.

a) Limitation des pertes

Le contrôle stomatique est un des facteurs responsables de la limitation des pertes en eau. Les stomates réagissent à quatre facteurs principaux, la lumière, la température, le déficit hydrique de la plante et le vent.

La lumière provoque l'ouverture matinale des stomates. Chez le caféier, une augmentation trop importante de la lumière entraîne une fermeture stomatique, ce phénomène se produisant au milieu de la journée, on parle de fermeture méridienne.

Une augmentation importante de la température, du déficit hydrique ou du vent occasionnent une fermeture stomatique. Ces trois dernières réactions des stomates jouent un rôle de premier plan dans l'esquive du stress hydrique.

Un autre moyen dont dispose la plante est de diminuer la surface transpirante. L'expansion foliaire de la plupart des espèces est très sensible au stress hydrique (BOYER, 1970; HSIAO, 1973). La chute des feuilles est la réponse ultime des cultures ^{au} stress hydrique. Ces trois moyens de contrôle des pertes en eau s'accompagnent d'une diminution de la photosynthèse.

b) Augmentation de l'absorption

Les racines jouent un rôle très important dans l'économie en eau de la plante. Un système racinaire profond et dense permet à la plante d'explorer un volume important de sol et donc d'absorber une grande quantité d'eau. Les réactions du système racinaire au stress hydrique sont peu connues. Des expériences conduites sur des céréales ont montré que l'inhibition de la croissance racinaire intervenait avant l'inhibition de la croissance aérienne (SALIM et al., 1965). Au contraire, une plante comme le lin continue son élongation racinaire alors même que la plante subit un stress sévère (NEWMAN, 1966). Certaines plantes formeraient très rapidement des racicules consécutivement à une pluie, même limitée; ces racicules disparaîtraient avec le retour de la sécheresse (OPPENHEIMER, 1959 in LEVITT, 1972).

En période sèche, l'absorption en profondeur revêt une importance capitale, certains auteurs ont émis l'hypothèse que le système racinaire pourrait opérer, au cours d'une sécheresse, un glissement vers les couches les plus profondes du sol (KLEPPER et al., 1973).

1.3.2.2. Mécanismes de tolérance

La tolérance est la capacité que possède une plante de vivre avec un potentiel hydrique bas. On distingue deux grands types de tolérance à la sécheresse.

a) L'esquive de la déshydratation

Afin d'éviter la déshydratation et de continuer leur croissance, les cellules doivent garder un potentiel de turgescence positif. Cela n'est possible que si elles accumulent suffisamment de solutés pour abaisser leur potentiel osmotique à une valeur inférieure à celui de leur environnement. Les plantes supérieures ~~sont~~ *seraient* incapables de supporter des valeurs du potentiel hydrique inférieures à ^{environ} - 40 bars (LEVITT, 1972). Le sorgho, par exemple, peut endurer une baisse du potentiel hydrique jusqu'à des valeurs comprises entre - 31 et - 48 bars (BEADLE et al., 1975).

b) La tolérance à la déshydratation

La déshydratation peut provoquer deux types de contraintes : un déséquilibre métabolique ou un dommage physique.

Le déséquilibre métabolique peut être causé, soit par une diminution de l'activité générale, soit par une destruction des protéines.

Quant à l'existence d'une tolérance aux dommages physiques, elle est illustrée par le comportement des "plantes miracles" (resurrection plants), qui peuvent se dessécher complètement au stade végétatif sans subir de dégâts (OPPENHEIMER, 1959 in LEVITT, 1972).

Ainsi, chez les ptéridophytes, une fougère épiphytes, *Polypodium polypodioides*, peut supporter, sans contraintes, une perte de 97 % de son contenu normal en eau (STUART, 1968).

1.3.3. Conséquences de ces mécanismes sur la croissance

Lors de l'étude des relations hydriques d'une plante, en saison sèche, il est essentiel de déterminer l'importance relative des mécanismes d'esquive et de tolérance. On considère généralement que l'esquive est d'une plus grande valeur chez les plantes supérieures. Une plante pourvue de mécanisme d'esquive bien développé, peut non seulement survivre, mais aussi continuer son métabolisme, sa croissance et son développement, en présence d'un stress hydrique. La tolérance, en induisant des potentiels hydriques très bas, empêche, la plupart du temps, la plante d'accomplir son métabolisme, sa croissance et son développement.

1.3.4. Les critères de résistance à la sécheresse chez le caféier

Les deux mécanismes précités interviennent probablement simultanément dans la résistance à la sécheresse du caféier, avec néanmoins une prépondérance de l'esquive. Ce qui explique que le maintien d'un potentiel hydrique élevé soit considéré comme un indice de résistance à la sécheresse. D'autre part, l'ouverture stomatique est corrélée positivement au taux d'activité photosynthétique. Le taux d'activité photosynthétique est une des mesures les plus importantes en période de stress hydrique. Sur le terrain,

l'activité photosynthétique est généralement estimée au moyen de la conductance stomatique. Une description détaillée des critères de résistance à la sécheresse est donnée dans le chapitre suivant.

2.1. LE MILIEU

2.1.1. Le site d'Abengourou

2.1.1.1. La situation géographique

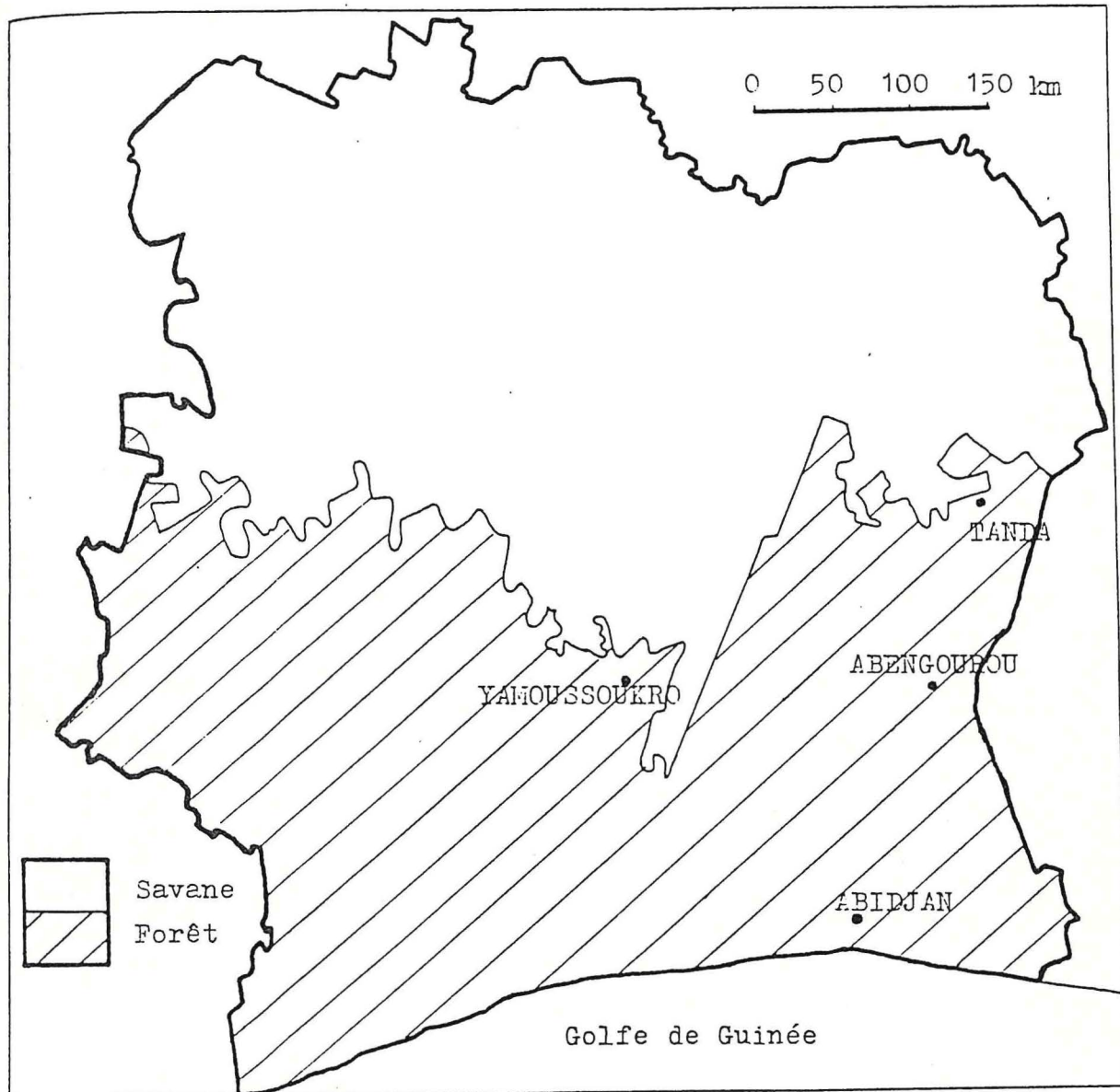
La ville d'ABENGOUROU se trouve à 210 km au Nord-Nord-Est d'ABIDJAN. Placée à l'extrémité de la vaste plaine ivoirienne, ABENGOUROU fait partie du domaine de la forêt équatoriale mésophile. La station de recherche de l'IRCC se situe à 7 km au Nord de la ville d'ABENGOUROU. Elle couvre une superficie cultivée de 96 ha. (voir carte).

2.1.1.2. Le Climat

Le climat de la région d'ABENGOUROU est du type subéquatorial à quatre saisons. Une grande et une petite saison sèche sont insérées entre deux saisons des pluies. La grande saison sèche est comprise entre les mois de Novembre et de Février, alors que la petite saison sèche est centrée sur le mois d'Août.

ABENGOUROU se situe entre les isohyètes de 1 300 et 1 400 mm.

COTE D'IVOIRE



La moyenne des précipitations sur 25 ans est présentée au tableau 1.

Tableau 1

Moyenne sur 25 ans (1956 - 1980) des précipitations mensuelles (P) à ABENGOUROU (mm).

S	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	CUMUL
	10.4	50.8	146.1	160.4	185	220.4	130.1	66.6	128.8	162.8	53.3	20.4	1 335

Les trois dernières années (1982-83-84) se sont caractérisées par un déficit annuel de l'ordre de 100 mm. Mais, surtout, ce déficit s'est accusé principalement en saison sèche : durant les mois de janvier de 1981-82-83 et 84, les précipitations furent tout à fait nulles. Ce manque d'eau, au cours des périodes les plus sèches, s'est cruellement répercuté sur les récoltes de café de ces dernières années.

2.1.1.3. Le sol

Les sols de la station d'ABENGOUROU appartiennent au grand groupe des sols ferralitiques, caractérisés par un lessivage intense en silice et en bases.

Des résultats moyens des analyses accomplies par l'IRCC sont présentées au tableau 2.

Tableau 2

Analyse chimique et physique du sol de la parcelle
J 13 de la station d'ABENGOUROU (1982).

C	N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	S	T	V	pH
‰	‰	‰	meq./100 g					‰	
19.7	1.9	0.8	0.3	8.5	1.6	10.4	10.4	97.4	6.3

C/N	N/P	Mg/K	LIMON	ARGILE
			‰	‰
10	2.4	5.3	9.8	35.4

S = somme des bases

T = capacité d'échange

V = taux de saturation

Il s'agit d'un sol pauvre en matière organique mais bien équilibré. Les quantités d'éléments minéraux et leur rapports sont satisfaisants. C'est un bon sol pour la culture du café.

2.1.2. Le site de Tanda

2.1.2.1. La situation géographique

La ville de TANDA se situe à 150 km au Nord-Nord-Est d'ABENGOUROU. Le champ d'essai de l'IRCC de TANDA se trouve à 15 km au Sud-Ouest de la ville. Ce champ est situé dans une région tout à fait marginale pour la culture du café : la zone de transition forêt/savane. (Voir carte).

2.1.2.2. Le climat

La région de TANDA se situe à la limite entre le régime subéquatorial à quatre saisons et le régime tropical à deux saisons. Elle est placée exactement le long de l'isohyète de 1 100 mm.

2.1.2.3. Le sol

Les sols de la région de TANDA appartiennent au groupe des ferrisols. Les caractéristiques physiques et chimiques de l'essai localisé à TANDA figurent au tableau 3.

Tableau 3

Analyse chimique et physique du sol de l'essai
localisé à TANDA (1977). Profondeur : 20 cm.

C	N	P ₂ O ₅	T	K	Ca	Mg	S	T	V	pH
%	%	%		meq./100	g				%	
15.8	1.3	0.3		0.2	4.4	0.9	5.6	7.3	76.6	6

C/N	N/P	Mg/K	LIMON %	ARGILE %
12	4.33	4.5	13.2	19

C'est un sol pauvre en matière organique, la teneur en phosphore est assez faible, le rapport N/P est légèrement trop élevé. Aucune limitation majeure n'empêche la culture du café sur ce sol.

2.2. LE MATERIEL VEGETAL

Le cycle végétatif des caféiers est en étroite corrélation avec le climat.

En Côte d'Ivoire, les caféiers fleurissent après la première forte pluie suivant une période sèche (Décembre - Janvier), ceci correspond selon de nombreux auteurs à une initiation florale dès l'entrée en repos du bourgeon terminal en fin de saison des pluies et au déclenchement de la floraison après cette pluie.

Les fruits grossissent pendant la saison des pluies sans aucune contrainte, mais la phase de remplissage a lieu en Août - Septembre, période où il y a un déficit hydrique. Ceci serait la cause de la faible granulométrie du café ivoirien. (DURIS, non publié).

La récolte débute en octobre et se termine en général au mois de décembre.

Il apparaît que si le caféier souffre d'une sécheresse excessive, il a besoin d'une saison sèche pour induire sa floraison. Les besoins en sécheresse des caféiers ont été estimés à YANGAMBI par Monsieur P. POCHET. Dans les conditions de YANGAMBI, il a pu être calculé que le total des pluies, en saison sèche, devait, si possible, osciller entre 10 et 40 mm. En dessous de 10 mm, toute activité était arrêtée; au-delà de 70 mm, la production devient franchement mauvaise. (POCHET, P., 1960)

2.2.1. L'essai Robusta

L'essai comparatif J 13 à ABENGOUROU comprend 4 blocs subdivisés en deux parcelles : l'une recevant des engrais, l'autre non. Il s'agit donc d'un dispositif en split-plot.

Par parcelle, 14 clones de ROBUSTA ont été plantés en lignes de 9 caféiers, orientés Nord-Sud. Chaque bloc est bordé de part et d'autre par deux lignes de garde de caféiers. Au sein de chaque bloc, les deux parcelles sont séparées par une ligne de garde de caféier. (Voir figure 2)

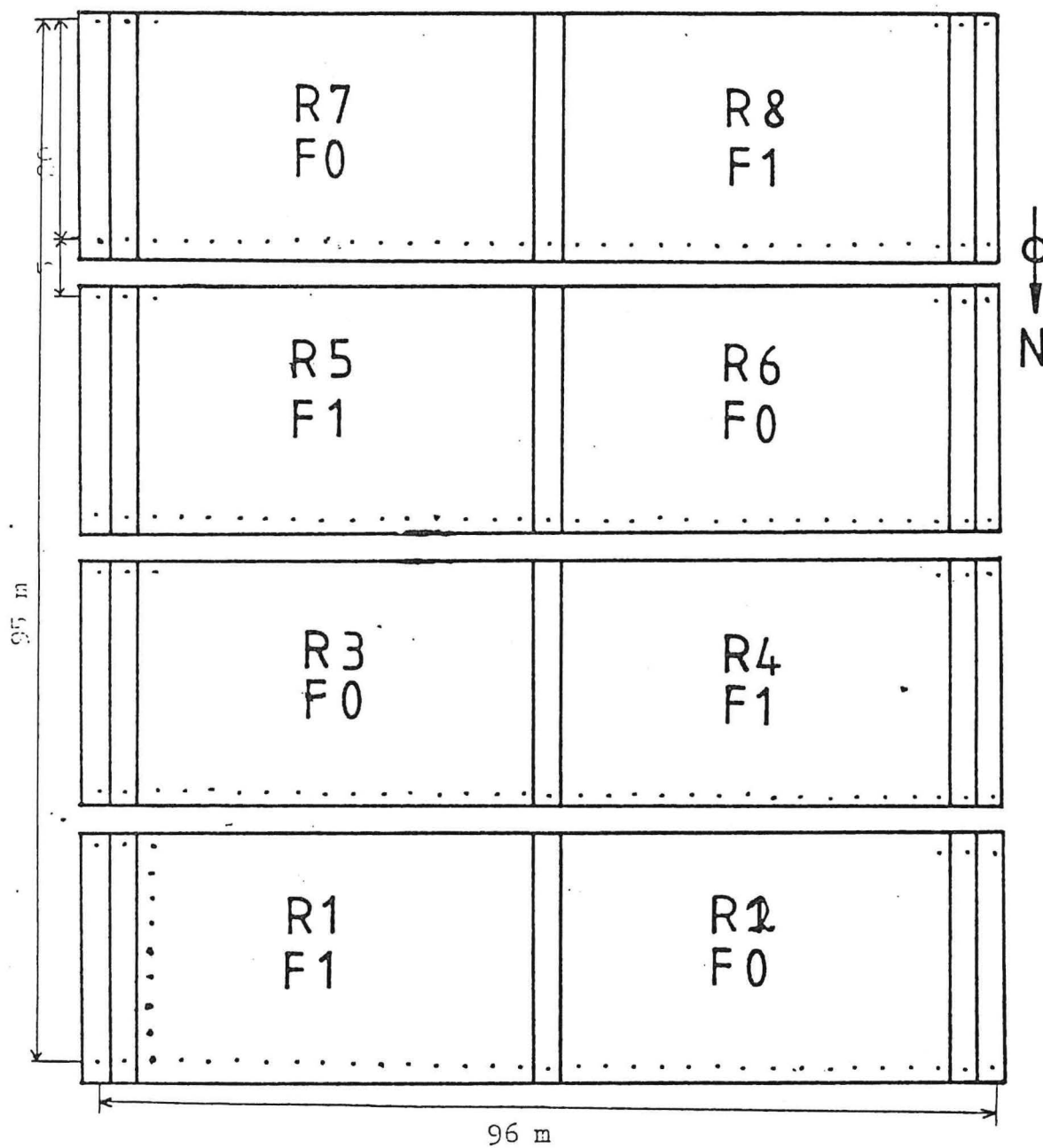
La plantation eut lieu le 28 avril 1969, à écartement de 2,5 m x 3 m, soit 1 320 caféiers à l'ha. La couverture fut assurée par des flemingia, sans arbres d'ombrage.

Les caféiers sont conduits sur quatre tiges avec recépage quinquennal.

Nos observations furent menées sur les seules parcelles sans engrais.

Les quatre clones choisis pour nos observations sont brièvement décrits au tableau 4.

Figure 2 : Plan de l'essai J 13 à Abengourou



F 0 : sans engrais

F 1 : avec engrais

Tableau 4

Caractéristiques des quatre clones de l'essai J 13 à
ABENGOUROU, choisis pour nos observations.

CLONES	CARACTERISTIQUES	PRODUCTION AU COURS DU SECOND CYCLE MOYENNE (1976 A 1980) EN kg c.m./ha
126	Producteur tardif Très bon producteur Grande sensibilité au milieu	3 250
197	Très bon producteur	3 270
202	Faible producteur Sensible à la rouille Peu sensible au milieu.	1 850
461	Très bon producteur Producteur précoce	3 295

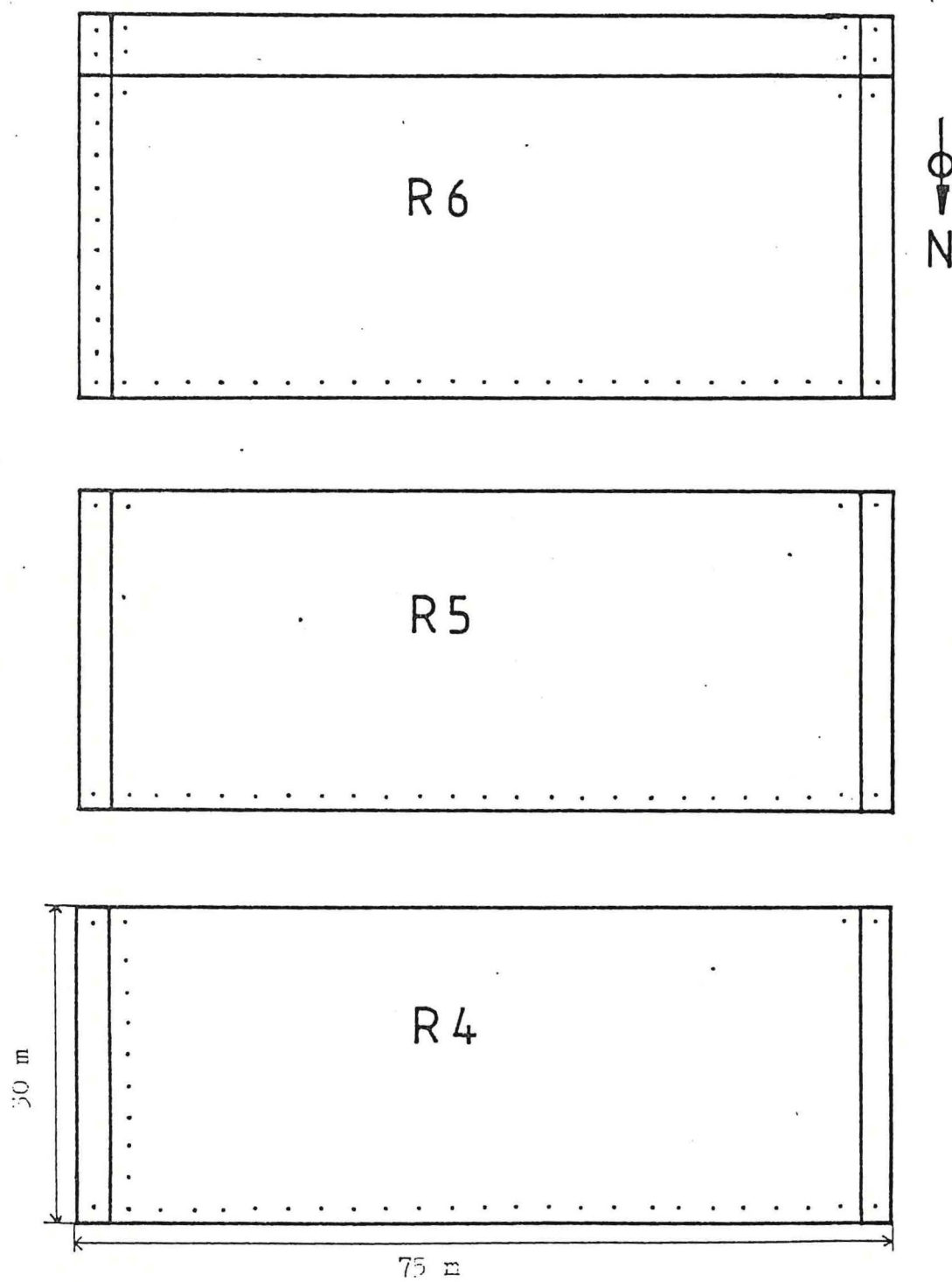
kg c.m. = kilos de café marchand

2.2.2. Essai Arabusta

L'essai comparatif G 12 - J 16 à ABENGOUROU comprend 6 répétitions en blocs randomisés disposés sur deux parcelles.

25 clones d'ARABUSTA ont été plantés par bloc, en lignes de 10 caféiers, orientés Nord-Sud. Une ligne de bordure est disposée de part et d'autre de chaque répétition. (Voir figure 3).

Figure 3 : Plan de l'essai J 16 à Abengourou



La plantation fut réalisée le 30 avril 1974 à un écartement de 3 m x 3 m, soit 1 089 caféiers à l'ha. La couverture fut assurée par des flemingia.

Les caféiers sont conduits sur quatre ou cinq tiges avec recépage quinquennal. Les nouvelles tiges sont écimées à 1,70 m.

Les quatre clones choisis pour nos observations sont décrits au tableau 5.

Tableau 5

CLONES	CARACTERISTIQUES	PRODUCTION AU COURS DU SECOND CYCLE MOYENNE (1976 A 1980) EN kg c.m./ha
703	Producteur moyen	1 285
1 307	Très bon producteur	1 870
1 313	Bon producteur	1 380
1 333	Producteur moyen	1 215

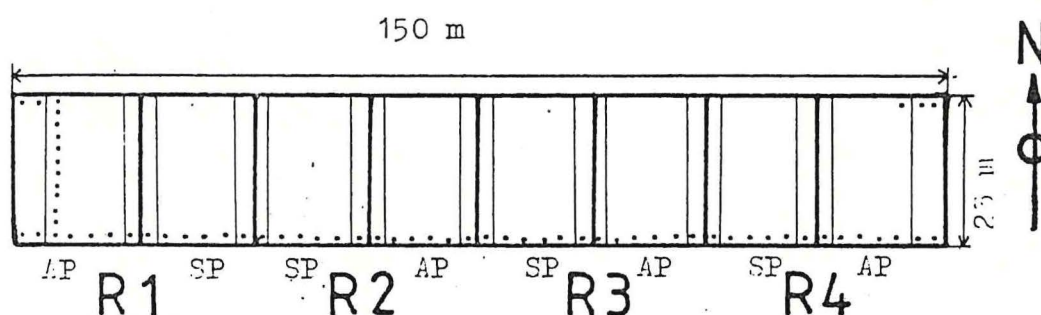
2.2.3. Essai de "mulch plastique"

L'essai L 8/11 à ABENGOUROU comprend 4 blocs divisés en deux parcelles. Une parcelle est constituée de 4 clones de ROBUSTA, plantés en lignes de 12 caféiers, selon un alignement Nord-Sud. Les lignes de caféiers d'une parcelle sont couvertes, par des bandes, de polyéthylène noir, d'une largeur d'un mètre, l'autre parcelle, traitée aux herbicides, sert de témoin.

Chaque parcelle est bordée de part et d'autre d'une ligne garde. (Voir figure 4)

Le but de cet essai est de vérifier si le mulch plastique, en limitant l'évapotranspiration, occasionne une augmentation de la productivité des caféiers.

Figure 4 : Plan de l'essai L 8/11 (café)
à Abengourou



AP: avec plastique

Les caféiers furent plantés le 28 mai 1983,
à une distance de 1,70 m x 3 m, soit 1 947 caféiers
à l'ha.

Notre but étant ici de tester l'effet du mulch plastique par rapport au témoin, deux clones furent choisis pour nos observations : le 126 et le 461.
(Voir tableau 4)

2.2.4. Essai localisé à Tanda

L'essai comparatif de Tanda comprend 4 blocs de 3 parcelles disposées aléatoirement. Au sein de chaque bloc, une des parcelles est constituée d'ARABUSTA, une autre de ROBUSTA clonaux, la troisième de semenceaux ROBUSTA de première génération.

Chaque parcelle est constituée de dix clones (ou semenceaux) rangés en lignes de dix caféiers. Les blocs sont bordés de part et d'autre de deux lignes de garde. (Voir figure 5)

La plantation fut effectuée au cours du mois d'avril 1976, à une distance de 2,5 m x 3 m, soit une densité de 1 320 caféiers à l'ha.

Le tableau 6 présente les clones et semenceaux utilisés au cours de nos observations.

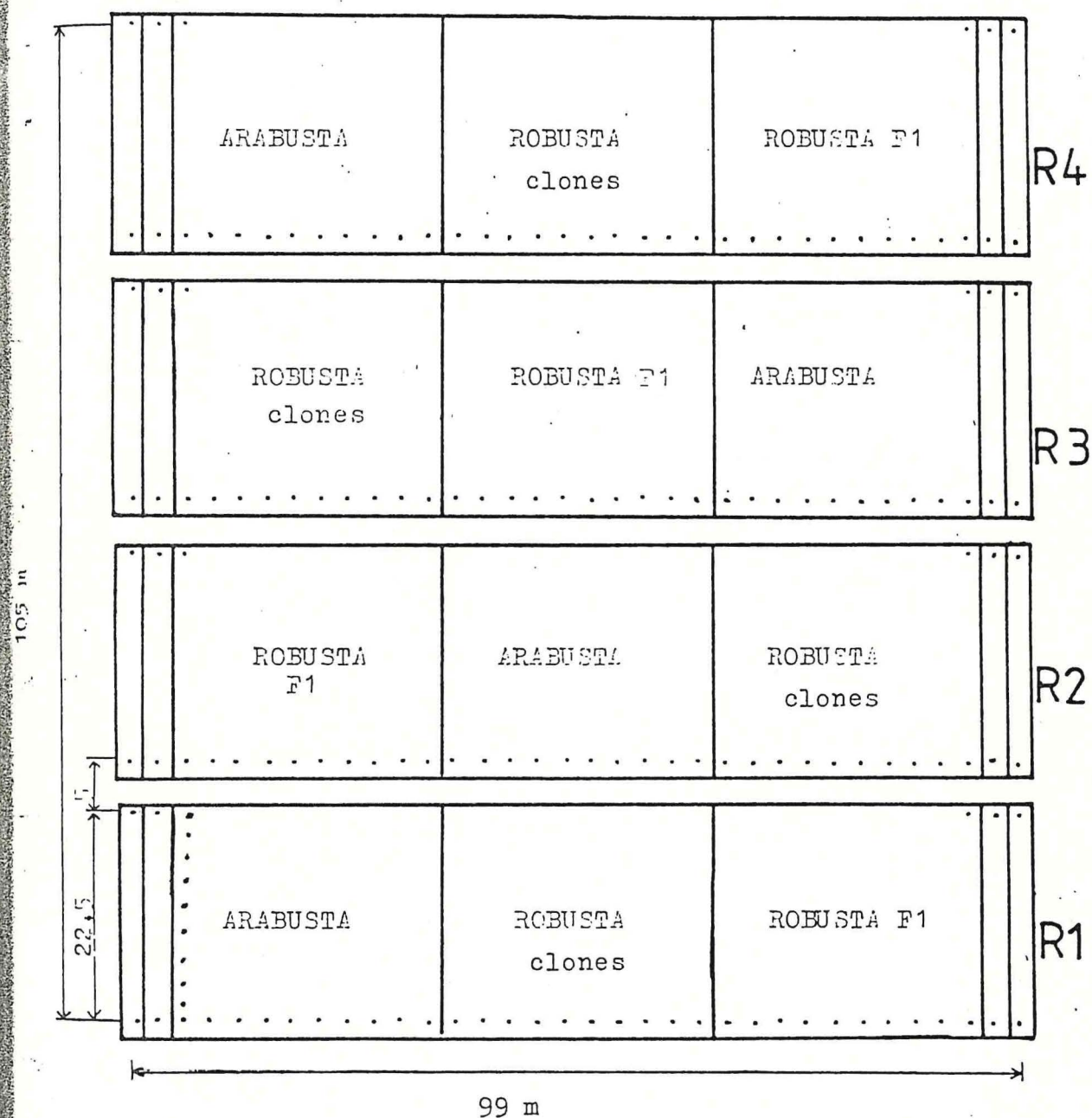
Tableau 6

CLONES	CARACTERISTIQUES *	PRODUCTION MOYENNE DU PREMIER CYCLE (1978 A 1982) EN kg c.m./ha
ARABUSTA 703	Producteur médiocre	244
clones 1 313	Bon producteur	507
ROBUSTA 197	Producteur médiocre	307
clones 461	Bon producteur	856
ROBUSTA 178 A9	Bon producteur	370
Semenceaux 181 D6	Producteur médiocre	76

* le caractère de production est défini par rapport à la moyenne de l'"espèce" considérée sur ce site.
Les ROBUSTA clones s'avèrent globalement plus productifs, suivis des ARABUSTA et enfin des ROBUSTA semenceaux.

Les chiffres de production, très bas par rapport à ceux d'ABENGOUROU (ROBUSTA clones), s'expliquent par les conditions de sécheresse plus rudes, mais aussi par un entretien moins soigné des caféiers.

Figure 5 : Plan de l'essai localisé à Tanda



2.3. APPAREILS ET METHODES (JOSIS, 1983)

2.3.1. Le potentiel hydrique

Le statut hydrique d'une plante est déterminé par le bilan des pertes d'eau par transpiration et du gain par l'absorption racinaire. Le potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) est accepté par de nombreux physiologistes comme une mesure fondamentale du statut hydrique d'une plante (HSIAO, 1973; BERGER, 1973). Rappelons que le potentiel hydrique foliaire est toujours négatif, ceci résulte de sa formulation théorique. (Voir 1.3.)

Ψ_f est habituellement exprimé en unité de pression.
 $1 \text{ bar} = 0.987 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

Presse à membrane

Pour mesurer le potentiel hydrique foliaire, on utilise la presse à membrane (J-14 Press, Crump, Raleigh, Royaume-Uni).

Celle-ci consiste en une colonne de fluide hydraulique à laquelle une pression peut être appliquée, à l'aide d'une pompe hydraulique, d'une chambre permettant de maintenir la partie de feuille introduite, et d'un manomètre gradué jusqu'à 35 bars. Dans la chambre, la pression est appliquée à une membrane flexible qui comprime le matériel végétal contre un couvercle en "plexiglass" épais.

Mode opératoire de la presse à membrane

La partie distale d'une feuille adulte est placée face supérieure contre la membrane, la face inférieure est recouverte d'un papier de soie absorbant. On interpose entre la feuille et la membrane un papier filtre pour éviter l'encrassement par les tanins.

On serre le couvercle et la pression est appliquée de façon croissante, à raison de 0,5 bar par seconde. On arrête dès que l'on voit la totalité de la section foliaire exsuder le jus xylémien. On lit alors la valeur absolue du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) au manomètre (RENARD et NDAYISHIMIE, 1982).

Selon plusieurs auteurs, la pression lue au manomètre de la presse à membrane est en bonne corrélation avec la pression lue au manomètre de la chambre à pression. (RENARD et al., 1982; JONES et CARABALY, 1980). Par rapport à la chambre à pression, cet appareil présente l'avantage d'un encombrement réduit.

2.3.2. La conductance stomatique

La fermeture stomatique est un des principaux moyens pour une plante de régler sa transpiration et donc de contrôler son statut hydrique. La transpiration est directement proportionnelle à la conductance stomatique (G).

Pour mesurer G, nous avons utilisé la version automatique du poromètre à diffusion (Delta T Mk II, Cambridge, ~~Royaume~~ Royaume-Uni). Cet appareil fournit la résistance stomatique (R), après l'obtention d'une courbe de calibrage pour chaque période de mesure (STILES, 1970). En prenant l'inverse de la résistance stomatique (R), on obtient la valeur de G exprimée en cm/sec.

Mode opératoire du poromètre

On pince la petite cupule de l'appareil sur la feuille choisie, enfermant ainsi une petite portion de surface foliaire. Les feuilles de caféiers sont

hypostomatiques et les mesures de G sont donc limitées à la face inférieure. On introduit de l'air préalablement séché au silicagel dans la cupule, suite à la transpiration et à la diffusion de vapeur d'eau, l'humidité de l'air dans la cupule va augmenter progressivement.

On mesure le temps mis pour que l'humidité ait augmenté d'une valeur fixée.

En calibrant l'appareil, on détermine la relation entre le temps mesuré et la résistance stomatique (R) aux mouvements de vapeur d'eau.

L'appareil est muni de thermocouples pour mesurer la température foliaire.

2.3.3. Les mesures climatiques

Au cours des observations, les températures de l'air et le déficit de saturation de l'air (Δe) étaient mesurées en plantation, à une hauteur de 1,5 m du sol, au moyen d'un psychromètre Assman.

Un pyranomètre linéaire (Delta T, Cambridge, Royaume-Uni) et son enregistreur fournissaient les mesures de l'irradiance en watt/m^2 , tout au long de la journée, à intervalles d'une heure.

La station d'ABENGOUROU prenait aussi en compte les mesures météorologiques journalières suivantes : précipitation, évaporation d'un bac Colorado, vitesse moyenne du vent.

Aucune mesure de l'humidité pondérale du sol n'a pu malheureusement être prise en compte.

2.4. PROTOCOLE DES OBSERVATIONS ET METHODOLOGIE STATISTIQUE

La période d'étude du comportement des caféiers s'étendit du 7 au 25 janvier 1985.

Pour chacun des essais, les observations furent répétées quatre fois, à cinq jours d'intervalle.

Tableau 7

Journées d'observation de chacun des essais au cours du mois de janvier 1985.

ROBUSTA	7 janvier	12 janvier	17 janvier	21 janvier
ARABUSTA	8 janvier	13 janvier	18 janvier	22 janvier
MULCH PLASTIQUE	9 janvier	14 janvier	19 janvier	23 janvier
TANDA	10 janvier	15 janvier	20 janvier	24 janvier

2.4.1. Protocole expérimental

2.4.1.1. Essais localisés à Abengourou

Les mesures étaient réalisées à cinq "périodes" de la journée. Les périodes étaient centrées autour des heures suivantes : 9 heures, 11 heures, 13 heures, 15 heures et 17 heures. (heures G.M.T.).

Sur le terrain, chaque essai comparait quatre "clones". Les observations s'effectuaient sur quatre arbres par clone, soit deux arbres dans deux répétitions. *

Au cours du temps, ces observations furent exécutées sur les même arbres pour chacun des clones. A toute période, les mesures ont été réalisées sur une feuille par arbre, celle-ci était une quatrième feuille à partir de l'extrémité d'un rameau. On choisissait une feuille sèche et exposée à la radiation solaire, située à une hauteur comprise entre 1,20 m et 1,80 m par rapport au sol.

Les opérations étaient agencées de la manière suivante : on commençait par mesurer la conductance stomatique (G) de quatre arbres au poromètre, après chacune des mesures, la feuille était détachée du caféier et rangée dans une enveloppe de polyéthylène. Les quatre feuilles étaient ensuite conduites à la presse à membrane où se mesurait le potentiel hydrique foliaire (Ψ_f).

Le temps requis par période d'observation (mesures de G et Ψ_f de 4 clones x 4 arbres) est voisin d'une heure. Avant chaque période, on effectuait une mesure au psychromètre Assman et, ensuite, un nouveau calibrage du poromètre, les mesures réalisées avec cet appareil étant fonction de l'humidité relative et de la température de l'air.

* Essai J 13	: répétitions 2 et 3
Essai J 16	: répétitions 5 et 6
Essai L 8/11	: répétitions 2 et 3
Essai localisé à TANDA	: répétitions 1 et 2

2.4.1.2. Essai localisé à Tanda

En raison du long déplacement, les observations ne purent être réalisées qu'à une seule période de la journée, centrée à 13 heures. De plus, seul le potentiel fut mesuré.

Avant chaque période de mesures, la température et le déficit en saturation de l'air étaient évalués en plantation.

Au cours des observations, les valeurs de l'irradiance étaient enregistrées par le pyranomètre linéaire.

2.4.2. Méthodologie statistique (KESTEMONT R.M. et PARIS, J., 1983)

Du fait que les observations sont accomplies sur les mêmes arbres, au cours du temps, une des conditions imposées à l'analyse de la variance, l'indépendance, n'est pas remplie.

Une méthode d'analyse statistique permet d'étudier des données non indépendantes : l'analyse des mesures répétées. Dans celle-ci, on veut, non seulement comparer différentes situations expérimentales, mais on désire en plus étudier l'évolution de l'adaptation des sujets à ces différentes situations.

Nous n'aborderons ici que le mode d'application de cette analyse à nos observations, en ce qui concerne les développements théoriques de celle-ci, nous renvoyons à l'ouvrage de KESTEMONT et PARIS (1983). La méthode des mesures répétées est limitée généralement à l'analyse de deux facteurs.

2.4.2.1. Décomposition de la variance totale

La décomposition de la variance totale se fait de manière analogue à celle suivie en analyse de la variance classique à deux critères de classification croisés, modèle fixe. Dans l'analyse en mesures répétées, les deux critères sont respectivement : les groupes et les traitements, les répétitions au sein d'un groupe prennent le nom de sujet.

Posons que le nombre de groupes est égal à g , celui de traitements à p et celui des sujets à n .

Les différentes sommes des carrés (SC) et les nombres de degrés de liberté qui y sont associés se présentent de la manière suivante :

Variabilité factorielle

Variabilité liée au facteur groupe

S.C.A. $dl = g - 1$

Variabilité liée au facteur traitement

S.C.B. $dl = p - 1$

Variabilité due à l'interaction groupe x traitement

S.C.AB. $dl = (g - 1) (p - 1)$

L'aspect nouveau propre aux mesures répétées conduit à une décomposition en deux termes de la variabilité résiduelle, sous la forme suivante :

a) variabilité entre les sujets, à l'intérieur de leurs groupes sommée pour l'ensemble des groupes.

S.C.R₁ $dl = g(n - 1)$

- b) variabilité due à l'interaction "traitement x sujet" à l'intérieur des groupes, sommée pour l'ensemble des groupes.

S.C.R₂

$$dl = g(n - 1) (p - 1)$$

2.4.2.2. Construction des tests

Comme dans l'analyse de la variance, la construction des tests fait appel au carré moyen (CM).

- a) Absence d'effet de groupe :

$$F_1 = Fg - 1, g(n - 1) = \frac{CMA}{CMR_1}$$

où $Fg - 1, g(n - 1)$ est une Fischer - Snedecor à $g - 1$ et $g(n - 1)$ degrés de liberté.

- b) Absence d'effet du traitement

$$F_2 = Fg - 1, g(n - 1) = \frac{CMB}{CMR_2}$$

- c) Absence d'effet de l'interaction "groupe x traitement"

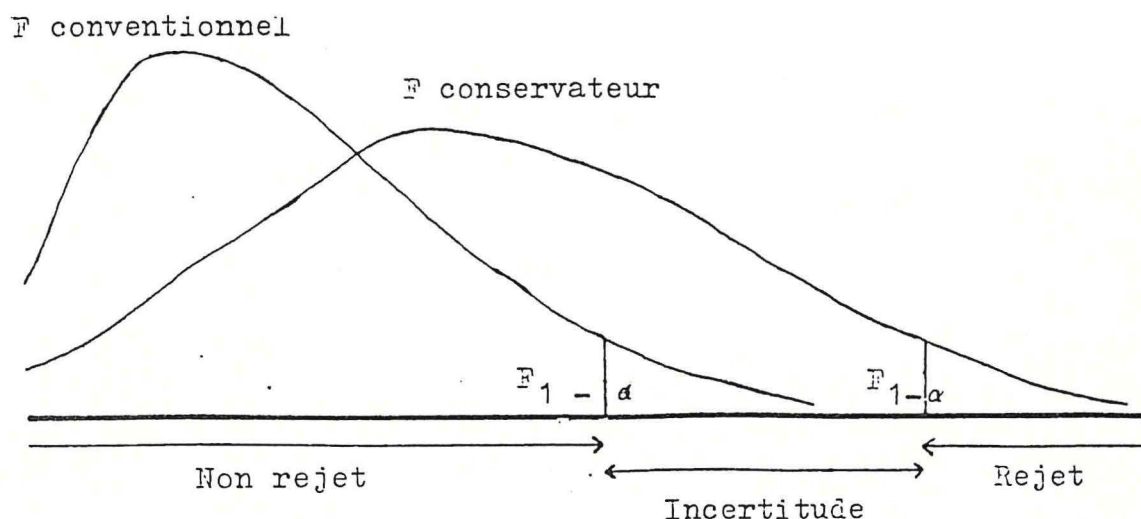
$$F_3 = F(p-1)(g-1), g(n-1) = \frac{CMAB}{CMR_2}$$

L'application des deuxième et troisième tests exige la sphéricité de la matrice de covariance, Σ , la matrice est dite alors du type H. N'ayant pu déterminer si les matrices de covariance, Σ , de nos observations étaient du type H, nous avons utilisé la procédure suivante.

On commence par effectuer le test conventionnel, comme si la matrice Σ était de type H. Si on accepte l'hypothèse éprouvée (absence d'effet), le travail

est terminé. Sinon, on applique le test conservateur. Si on rejette à nouveau l'hypothèse nulle, on se trouve dans une zone d'incertitude. (Voir figure 6).

Figure 6 : Test conventionnel et conservateur en analyse des mesures répétées



Cette incertitude peut être levée par une méthode univariée approchée (test - ajusté) ~~ou~~ ^{ou} une analyse multivariée. Ces méthodes n'ont pu être appliquées à l'analyse de nos observations.

Dans le test conservateur, les nombres de degrés de liberté du test conservateur sont obtenus en divisant les nombres de degrés de liberté du test conventionnel par $(p - 1)$.

Ce qui donne respectivement pour les test F_2 et F_3

F_2 test conventionnel $F_{p-1, g(n-1)(p-1)}$
 test conservateur $F_{1, g(n-1)}$

F_3 test conventionnel $F_{(p-1)(g-1), g(n-1)(p-1)}$
 test conservateur $F_{(g-1), g(n-1)}$

Les deux tests figureront conjointement dans les tableaux d'analyse statistique. Du fait de notre méconnaissance des degrés de liberté réels des tests portant sur le traitement et l'interaction, nous n'avons pu pousser l'analyse jusqu'aux comparaisons particulières concernant les effets précités.

Les comparaisons multiples concernant les moyennes des groupes seront faites selon la méthode de NEWMAN et KEULS, pour les essais "Robusta", "Arabusta" et "Tanda". (DAGNELIE, 1975).

Pour l'essai "mulch plastique", nous utiliserons la méthode des contrastes orthogonaux. (DAGNELIE, 1975).

REPERTOIRE DES SYMBOLES STATISTIQUES UTILISES

S.C. = somme des carrés des écarts.

C.M. = carré moyen.

D.L. = nombre de degrés de liberté associés à S.C. ou premier nombre de degré de liberté associé à la statistique de test.

D.T. = deuxième nombre de degré de liberté associés à la statistique de test.

(l) = test conventionnel

(r) = test conservateur

FISCHER = valeur observée de la statistique de test.
Rappelons que l'effet du facteur de variation est dit :

- non significatif (N.S. ou -), si $\alpha > 5 \%$
- significatif (S. ou *) si $1 \% \leq \alpha \leq 5 \%$
- hautement significatif (H.S. ou **) si $\alpha < 1 \%$

PPAS = plus petite amplitude significative.

3.1. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES GENERALES A ABENGOUROU

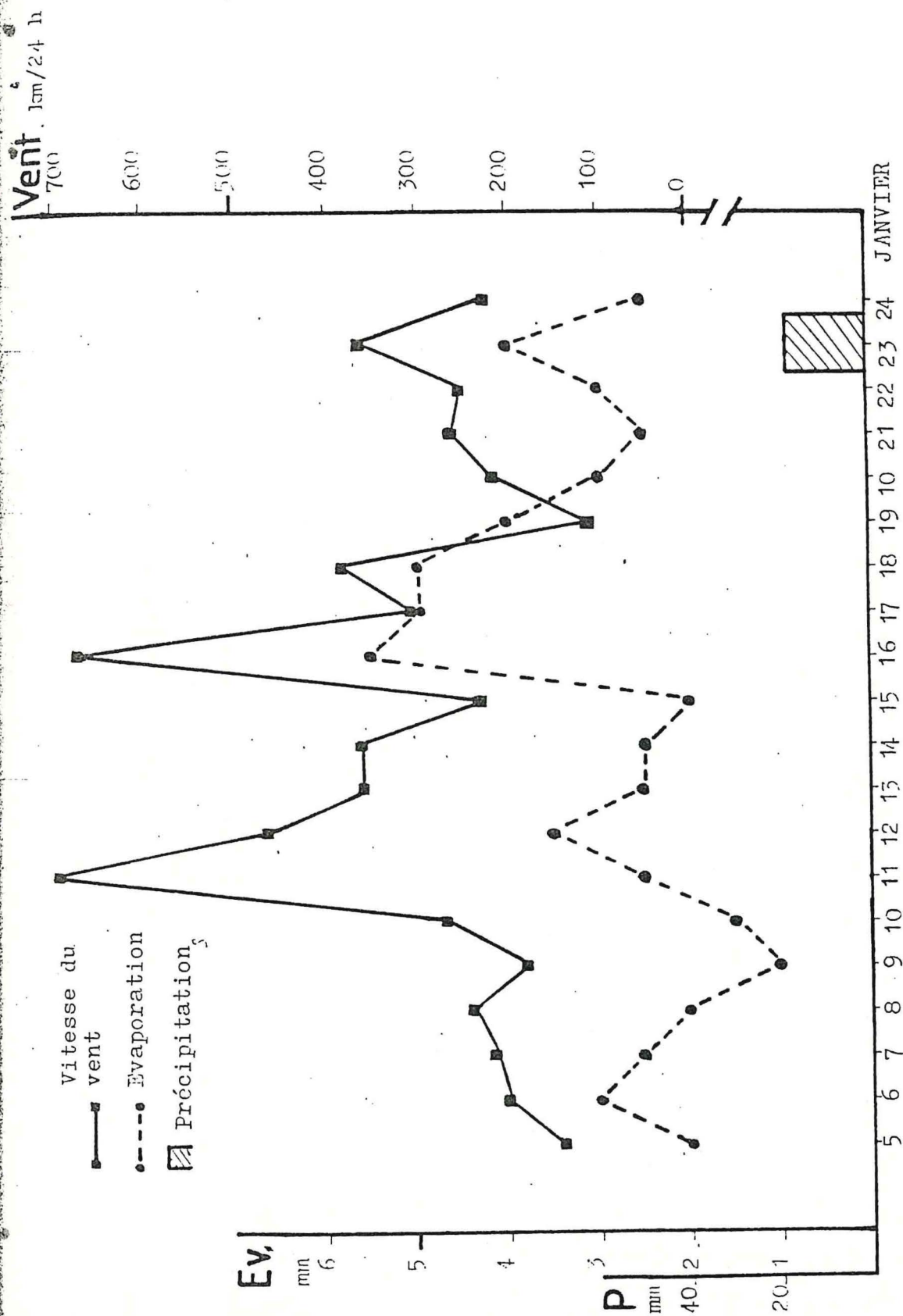
La dernière pluie avant notre période d'observations fut de 21 mm; elle eut lieu le 27 décembre 1984. La pluie suivante se déclencha le 23 janvier à 23 heures; elle fut de 18 mm.

L'évaporation journalière fut généralement comprise entre 2 et 3 mm. Elle atteignit des valeurs d'environ 5 mm les journées du 16, 17, 18 et 19 janvier 1985.

La vitesse moyenne du vent fut généralement comprise entre 200 et 300 km/24 heures (soit 2,5 à 3,5 m/sec). Les journées du 11 et 16 janvier 1985 furent marquées par un vent nettement plus fort, d'environ 680 km/24 heures (\pm 8 m/sec). (Voir graphique 1)

Graphique 1

Conditions météorologiques observées au cours du mois de janvier 1985, précipitations (P en mm), évaporation (Ev en mm) et vitesse du vent (vent en km/24 h).



5.2 L'ESSAI ROBUSTA

5.2.1. Le potentiel hydrique

L'analyse statistique des 4 journées d'observations a montré les effets suivants : (les résultats complets de cet essai figurent à l'annexe I).

Tableau 7

Degrés de signification de l'analyse statistique des valeurs du potentiel hydrique foliaire observées les 7, 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

	7 janvier	12 janvier	17 janvier	22 janvier
Clones	-	*	**	**
Heures	**	**	**	**
Interaction	-	-	*	?

L'effet heures est à chaque fois hautement significatif. L'interaction a un effet significatif le 17 janvier et un effet incertain le 22 janvier.

Des différences significatives entre les clones apparaissent à partir du 12 janvier. A cette date, les moyennes journalières du potentiel hydrique s'établissent comme suit pour chacun des clones. (voir tableau 8).

Tableau 8

Moyennes journalières des valeurs du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées le 12 janvier 1984 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

CLONES	126	197	202	461
Ψ_f (bars)	- 9.4 a	- 9.6 a b	- 9.6 a b	- 10.2 b

Le potentiel hydrique moyen du clone 126 se révèle significativement supérieur à celui du clone 461.

Pour la journée du 17 janvier, les moyennes journalières sont les suivantes :

Tableau 9

Moyennes journalières des valeurs du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) observées le 17 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

CLONES	126	461	197	202
Ψ_f (bars)	- 9.9 a	- 10.2 a	- 10.4 a	- 11.2 b

Le potentiel hydrique des clones 126, 461 et 197 est significativement supérieur à celui du clone 202.

Le classement des moyennes journalières du 22 janvier est présenté au tableau 10.

Tableau 10

CLONES	461	126	197	202
ψ_f (bars)	- 11.5 a	- 11.6 a	- 11.8 a	- 14.1 b

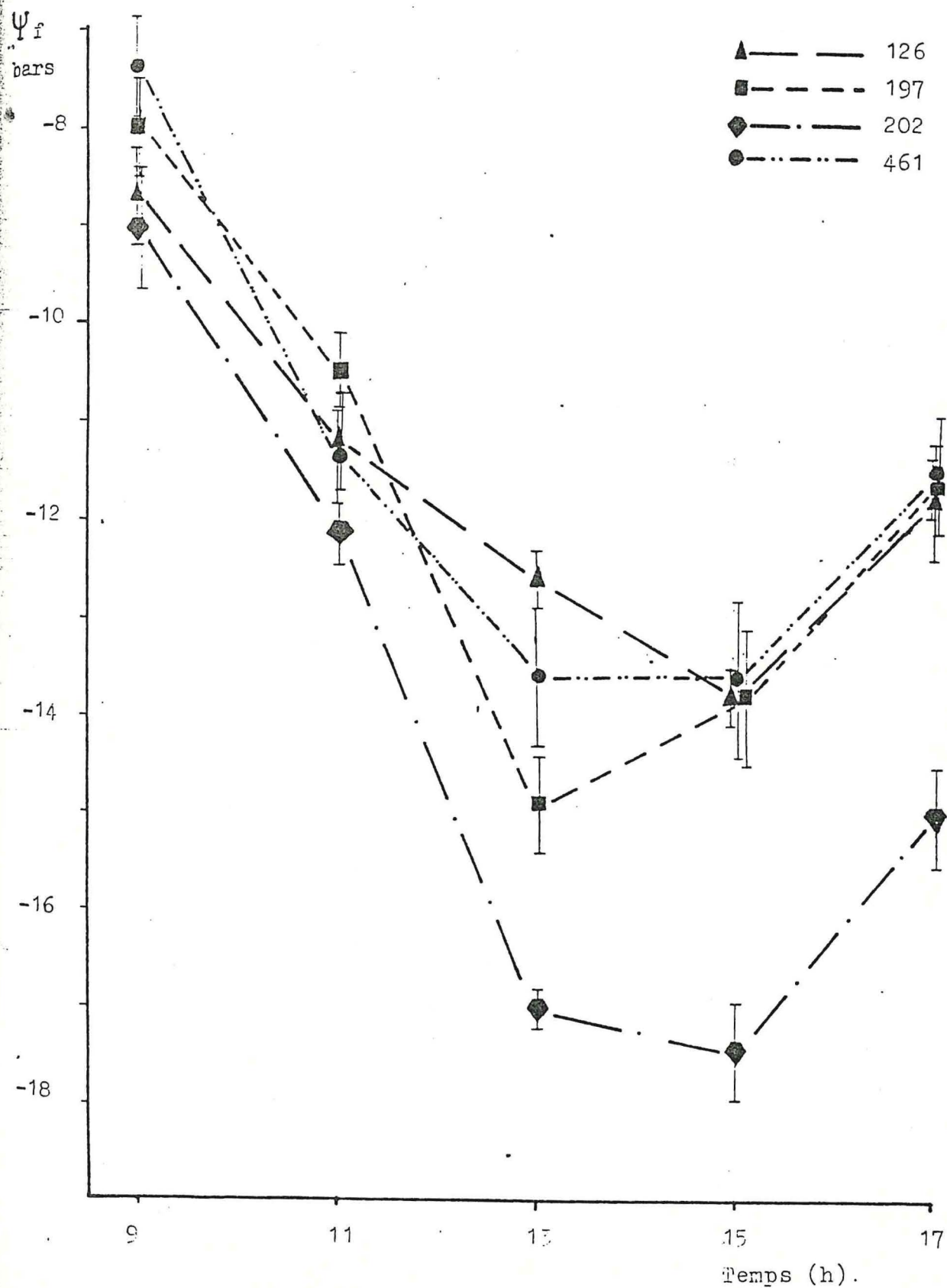
Le potentiel hydrique des clones 126, 461 et 197 s'avère à nouveau significativement supérieur à celui du clone 202.

Les données détaillées de cette journée sont présentées au graphique 2.

Au cours d'une journée, le potentiel hydrique s'abaisse de 9 heures à 13 heures, atteint un plateau pour ne remonter qu'à partir de 15 heures. A 17 heures, le potentiel hydrique est plus faible qu'au début de la matinée. La plus forte diminution se produit entre 9 heures et 11 heures. (Voir graphique 2).

On remarque qu'à 13 heures, des différences significatives apparaissent entre tous les clones. Le fait de maintenir plus longtemps un potentiel hydrique élevé pourrait conférer un avantage important au clone 126 par rapport aux clones 461 et 197. Nous y reviendrons lorsque nous parlerons de la conductance stomatique. Ce maintien du potentiel hydrique permet théoriquement une ouverture stomatique plus importante, ou plus exactement, de retarder la fermeture des stomates.

Valeurs moyennes du potentiel hydrique (Ψ_f) observées le 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.



L'analyse de l'évolution du potentiel hydrique à une heure déterminée a donné les résultats suivants :

Tableau 11

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique de l'évolution des valeurs du potentiel hydrique foliaire au cours des journées d'étude des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

	9.00 h	11.00 h	13.00 h	15.00 h	17.00 h
Clones	-	-	*	-	**
Jours	**	**	**	**	**
Interaction.	*	-	?	?	?

L'effet clone est significatif à 13.00 h et hautement significatif à 17.00 heures.

Le classement des moyennes à 13 heures se présente ainsi :

Tableau 12

Moyennes horaires des valeurs du potentiel hydrique foliaire (ψ_f) observées à 13 heures les 7, 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU,

CLONES	126	461	197	202
ψ_f (bars)	- 11.7 a	- 12.5 a b	- 12.6 a b	- 13.7 b

Le potentiel hydrique du clone 126 est significativement supérieur à celui du clone 202.

A 17.00 heures, le classement des moyennes est le suivant :

Tableau 13

Moyennes horaires des valeurs du potentiel hydrique foliaire (ψ_f) observées à 17 heures les 7, 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

CLONES	197	126	461	202
ψ_f (bars)	- 10.3 a	- 10.4 a	- 10.7 a	- 11.5 b

Le potentiel hydrique du clone 202 est significativement inférieur à celui des trois autres clones.

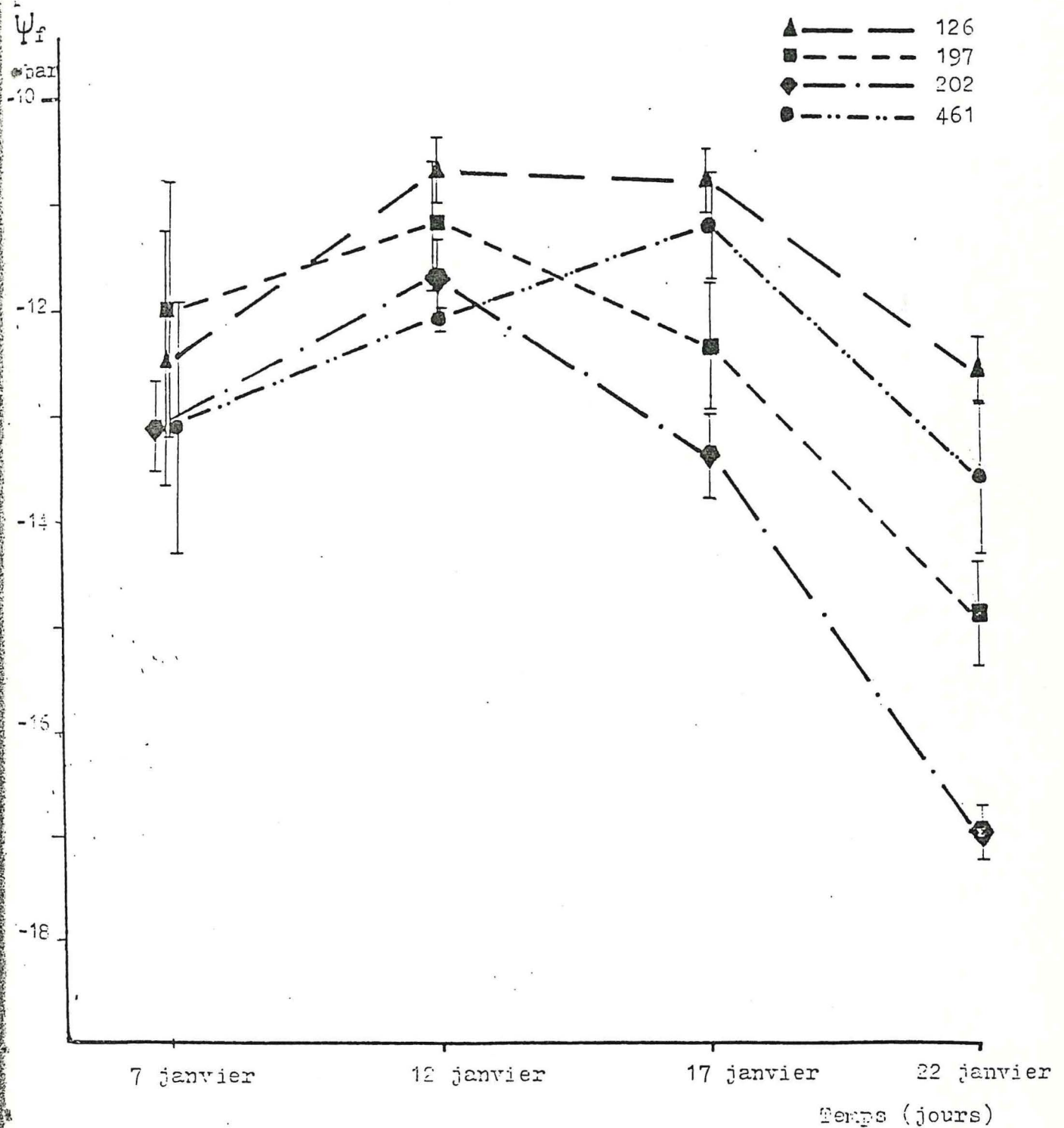
Dans le cadre d'une étude de l'évolution d'un paramètre au cours du temps, l'effet de l'interaction revêt un caractère très important.

Dans le cas présent, l'interaction montre un effet significatif à 9.00 heures tandis que son effet est incertain à trois reprises : 13.00 h, 15.00 h, et 17.00 h (tableau 11).

Nous nous efforcerons d'approfondir l'effet de l'interaction à l'aide du graphique 3.

La décroissance progressive du potentiel hydrique au cours des journées s'explique par la progression de la sécheresse et la diminution des réserves en eau du sol. Seules les valeurs du 7 janvier paraissent trop

Evolution des valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) de 13 heures, observées les 7, 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 15 à ABENGOUROU.



faibles. Aucun facteur météorologique ne permet d'expliquer ce phénomène.

Quant à l'effet possible de l'interaction, il pourrait être dû au renversement de classement qui intervient entre les clones 197 et 461. Le 12 janvier, le potentiel hydrique du clone 197 est significativement supérieur à celui du clone 461. Les 17 et 22 janvier, on constate un classement inverse.

Dans les autres cas (9.00 h, 15.00 h et 17.00 h), l'interaction serait due à une amélioration du statut hydrique du clone 461 ou une détérioration de celui du clone 202.

3.2.2, La conductance stomatique

Les résultats de l'analyse statistique figurent au tableau 14.

Tableau 14

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs de la conductance stomatique observées les 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

	12 janvier	17 janvier	22 janvier
Clones	*	**	**
Heures	**	**	**
Interaction	-	-	-

Le test de NEWMAN et KEULS n'a permis de discerner aucune différence entre les moyennes du 12 janvier.

Le classement des moyennes du 17 janvier se présente comme suit :

Tableau 15

Moyennes journalières des valeurs de la conductance stomatique (G) observées le 17 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

CLONES	126	197	461	202
G (cm/sec)	0.138 a	0.131 a	0.117 a	0.070 b

La conductance stomatique du clone 202 est inférieure à celle de tous les autres clones.

Le classement des moyennes du 22 janvier est le suivant (les données de 17.00 heures sont manquantes) :

Tableau 16

Moyennes journalières des valeurs de la conductance stomatique (G) observées le 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 à ABENGOUROU.

CLONES	126	197	461	202
G (cm/sec)	0.127 a	0.117 a	0.099 a	0.066 b

La conductance du clone 202 s'avère à nouveau significativement inférieure à celle des trois autres clones.

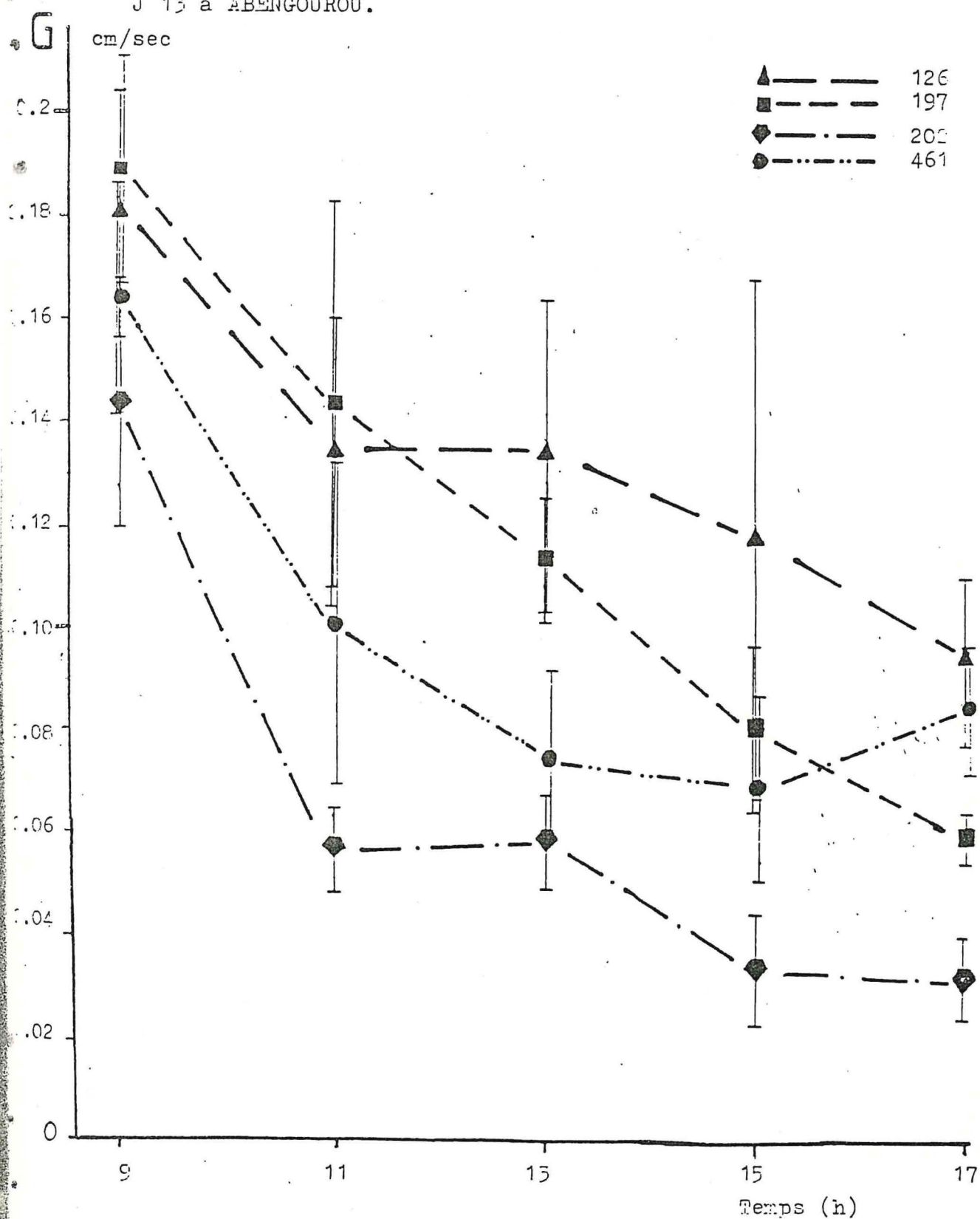
L'évolution de la conductance stomatique au cours de la journée du 22 janvier 1985 est présentée au graphique 4.

Au cours de cette journée, la conductance stomatique s'abaisse progressivement d'heure en heure. La diminution la plus forte se produisant entre 9.00 h et 11.00 heures. La conductance stomatique du clone 461 augmente néanmoins légèrement entre 15.00 et 17.00 heures. Ce phénomène, quoique limité, est à signaler, car il est conforme à l'ouverture théorique des stomates. (MEIDNER et MANSFIELD, 1968).

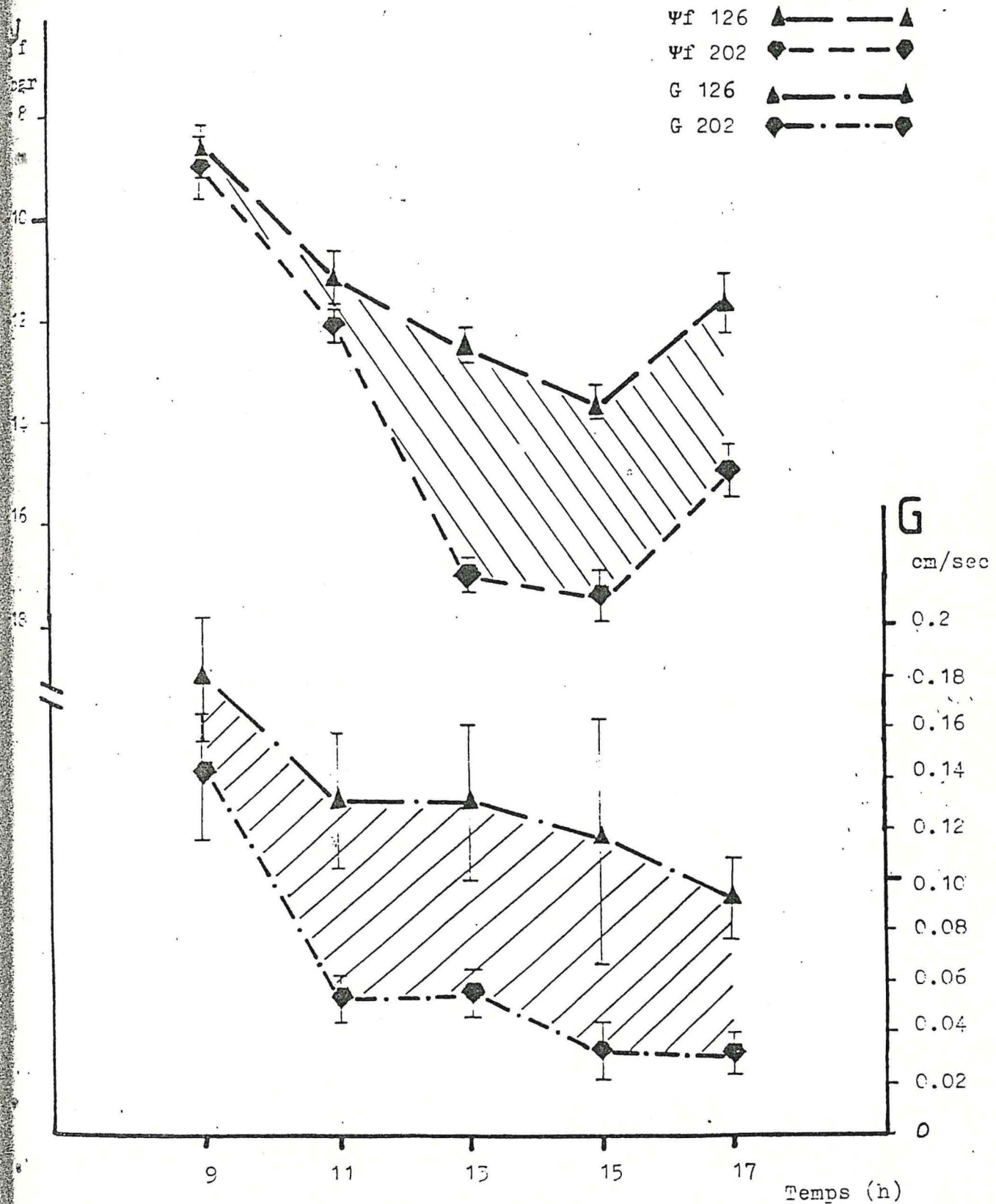
Le clone 126 se détache favorablement à partir de 13.00 heures, ce qui confirme son meilleur maintien du potentiel hydrique foliaire à 13 heures (voir graphique 3).

Graphique 4

Valeurs moyennes de la conductance stomatique (G), observées
le 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai
J 13 à ABENGOUROU.



Valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) et de la conductance stomatique (G), observées le 22 janvier 1985 sur les clones de caféiers ROBUSTA 126 et 202 de l'essai J 15 à ABENGOUROU.



3.2.3. Conclusion de l'essai ROBUSTA

Les résultats de cet essai permettent d'illustrer la théorie des relations hydriques.

Dans un premier temps, (9.00 h à 13.00 h), le potentiel hydrique provoque une fermeture progressive des stomates. C'est ensuite la fermeture stomatique qui permet au potentiel hydrique de remonter à une valeur acceptable par le caféier.

Ces relations sont mises en évidence par le fait que le faible potentiel hydrique du clone 202 n'est pas causé par une plus grande ouverture stomatique, mais au contraire provoque une fermeture stomatique plus intensive. Dans le graphique 5, le clone 202 est comparé au 126, tant sur le plan du potentiel hydrique que de la conductance stomatique.

Si le clone 202 se détache très défavorablement, il apparaît plus ardu de différencier les trois autres clones. Le clone 126 fait généralement état des potentiel hydrique et conductance stomatique les plus élevés. Les clones 197 et 461 présentent des moyennes très voisines. En ce qui concerne le maintien du statut hydrique dans le temps, l'effet de l'interaction (graphique 3), s'il est bien significatif, semble jouer en faveur du clone 461 au détriment du clone 197. Quoiqu'il en soit, ces différences sont faibles et généralement non significatives. Le clone 202, le moins résistant à la sécheresse, est aussi le moins productif des clones étudiés dans cet essai. Ce qui laisse à penser que la résistance à la sécheresse pourrait bien être un facteur déterminant de la productivité.

Tous les clones de l'essai J 13 se trouvaient dans un excellent état sanitaire.

3.3. L'ESSAI ARABUSTA

3.3.1. Le potentiel hydrique

L'analyse statistique des 4 journées d'observations a montré les effets suivants (les résultats complets de cet essai figurent à l'annexe II).

Tableau 17

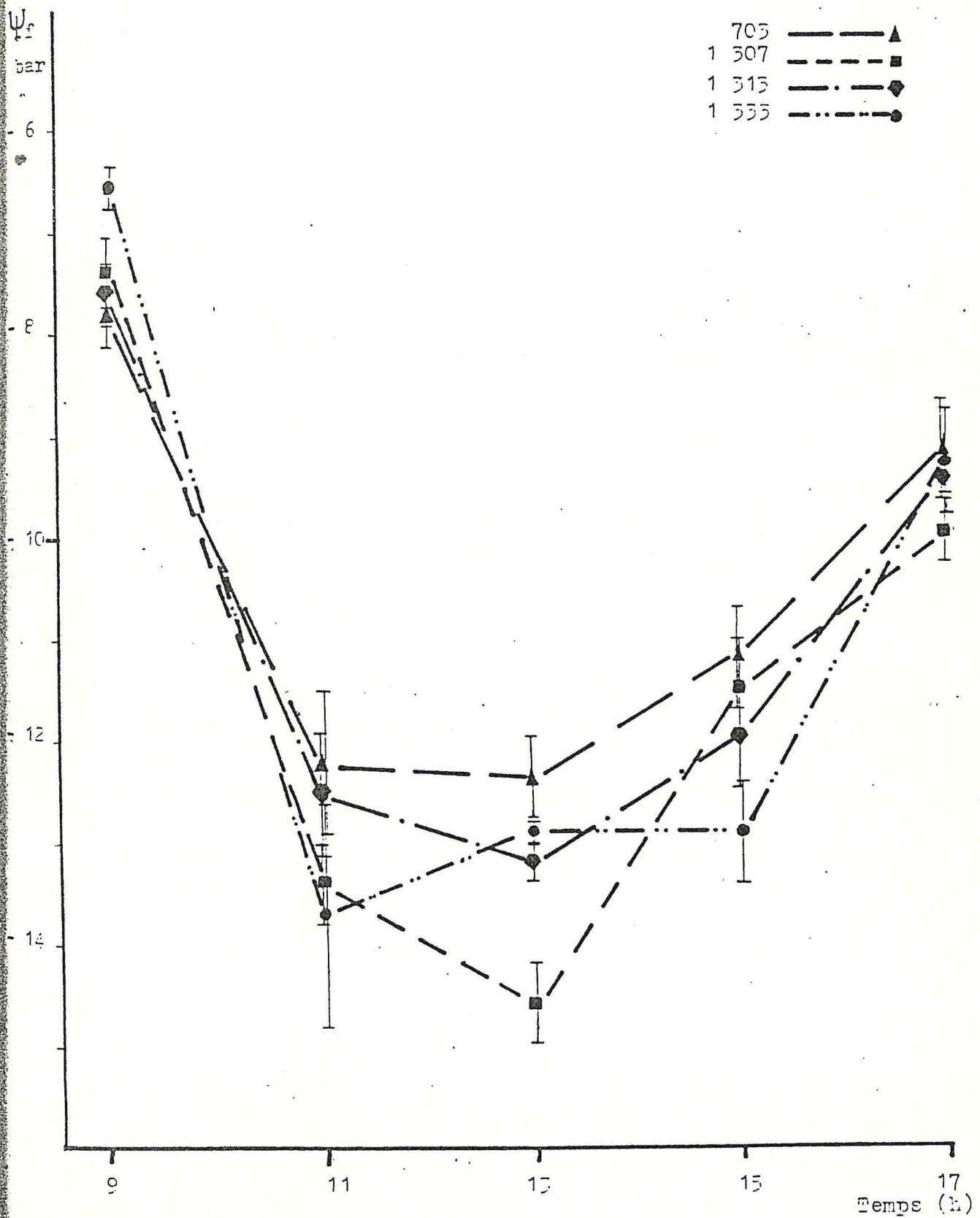
Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs du potentiel hydrique foliaire, observées les 8, 13, 18 et 23 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.

	8 janvier	13 janvier	18 janvier	23 janvier
Clones	-	-	-	-
Heures	**	**	**	**
Interaction	?	?	-	-

L'effet clones n'est jamais significatif, tandis que l'interaction a un effet incertain pour les deux premières journées.

Les données détaillées de la journée du 18 janvier figurent au graphique 6. On y voit le potentiel hydrique s'abaisser fortement entre 9 et 11 heures, rester à peu près constant jusqu'à 13 heures et remonter enfin à partir de cette dernière heure jusqu'au soir. La journée du 18 janvier fut caractérisée par la présence d'"harmattan". L'effet desséchant de ce vent s'est traduit par une très brusque chute du potentiel hydrique au cours de la matinée.

Valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées le 18 janvier 1985, sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.



L'analyse statistique de l'évolution du potentiel hydrique au cours de la période d'observation a donné les résultats suivants :

Tableau 18

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique de l'évolution des valeurs du potentiel hydrique foliaire au cours des journées d'étude (janvier 1985) des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.

	9.00 h	11.00 h	13.00 h	15.00 h	17.00 h
Clones	-	-	-	-	-
Jours	*	**	**	**	**
Interaction	-	?	*	?	-

Le classement des moyennes à 9 heures s'établit de la manière suivante :

Tableau 19

Moyennes horaires des valeurs du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées à 9 heures les 7, 12, 17 et 22 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA l'essai J 16 à ABENGOUROU.

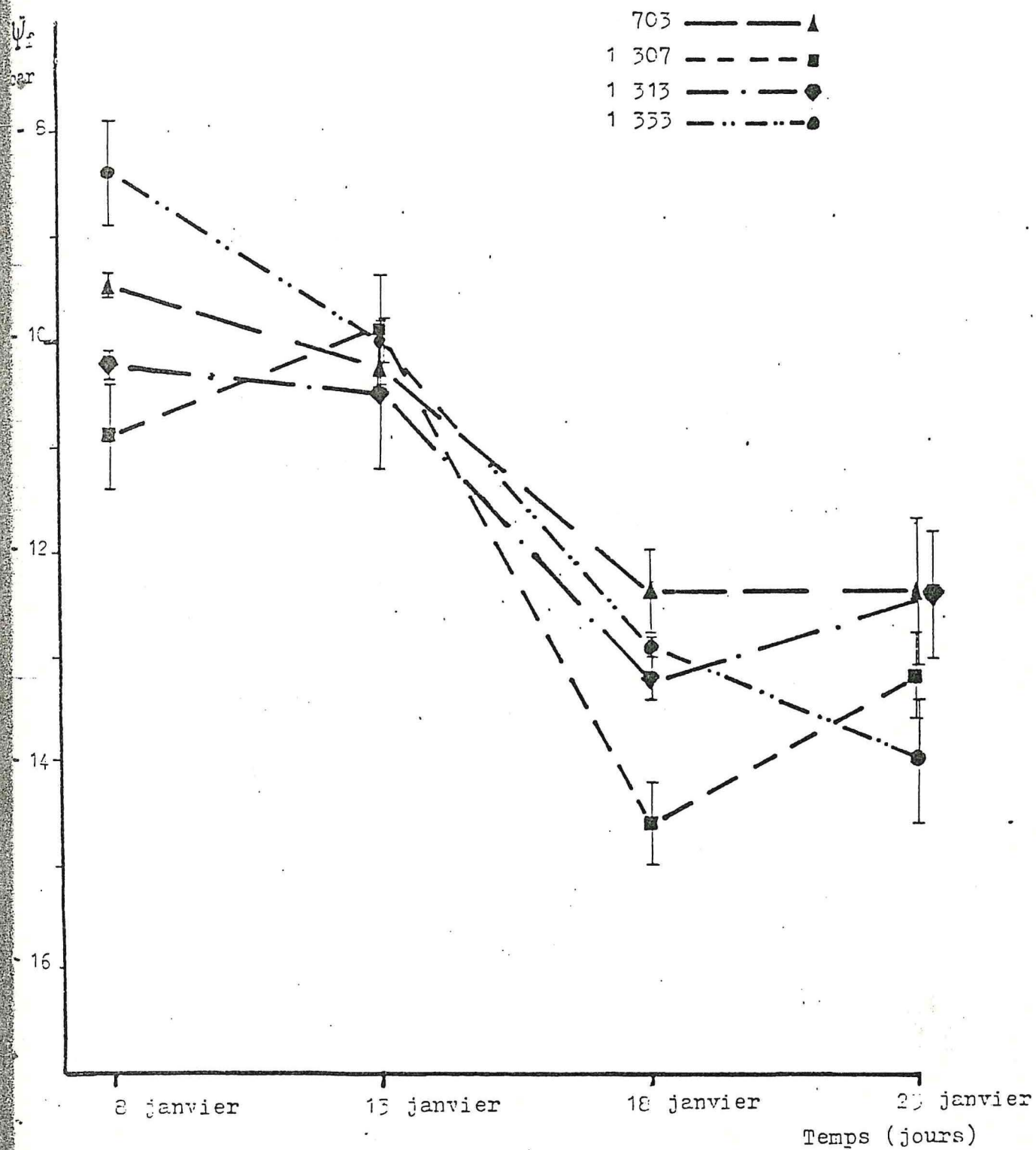
CLONES	1 333	1 307	703	1 313
Ψ_f (bars)	- 7.1	- 7.2	- 7.7	- 7.7

Le test de NEWMAN et KEULS ne discerne aucune différence entre les moyennes des clones.

L'évolution du potentiel hydrique à 13 heures est présentée au graphique 7. Les valeurs du potentiel hydrique foliaire diminuent généralement en fonction du temps. La plus forte diminution se produit entre le 13 et le 18 janvier. Les journées du 18 et 23 janvier présentent par contre des valeurs du potentiel hydrique sensiblement équivalentes. L'effet significatif de l'interaction est probablement dû à la dégradation du statut hydrique du clone 1 333 par rapport aux clones 703 et 1 313.

Graphique 7

Evolution des valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) de 15 heures, observées les 8, 13, 18 et 25 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.



3.3.2. La conductance stomatique

L'analyse statistique des quatre journées d'observation a mis en évidence les effets suivants :

Tableau 20

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs de la conductance stomatique observées les 8, 13, 18 et 23 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.

	8 janvier	13 janvier	18 janvier	23 janvier
Clones	-	-	*	*
Heures	*	**	**	-
Interaction	-	-	-	-

Les moyennes pour la journée du 18 janvier sont classées au tableau 21 :

Tableau 21

Moyennes journalières des valeurs de la conductance stomatique (G) observées le 18 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.

CLONES	1 307	1 333	1 313	703
G (cm/sec)	0.104 a	0.100 a	0.088 a	0.060 b

La conductance stomatique du clone 703 est inférieure à celle des trois autres clones.

Les moyennes de la journée du 23 janvier sont décrites au tableau suivant :

Tableau 22

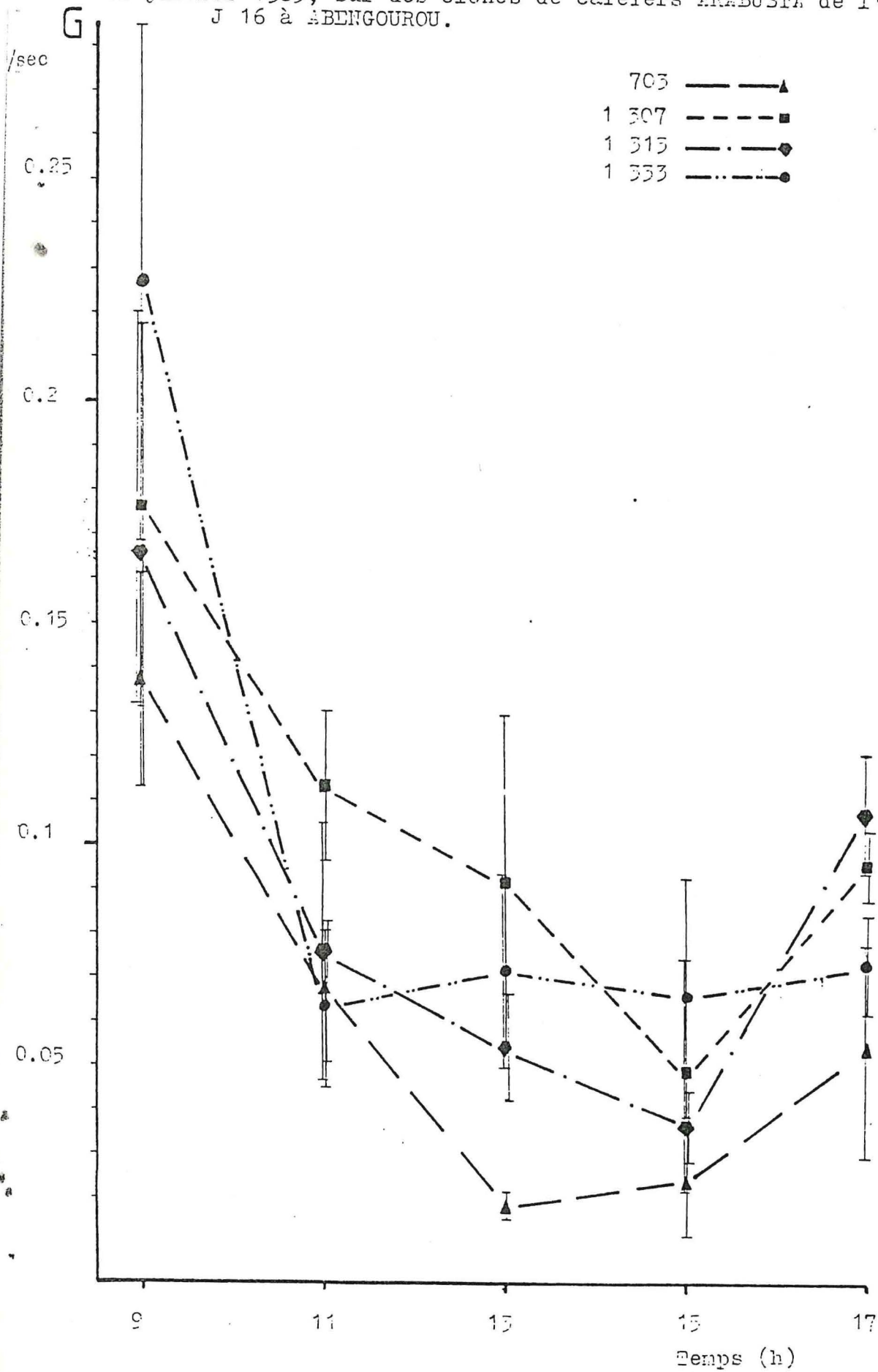
Moyennes journalières des valeurs de la conductance stomatique (G) observées le 23 janvier 1985 sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai J 16 à ABENGOUROU.

CLONES	1 307	1 333	1 313	703
G (cm/sec)	0.181 a	0.115 a b	0.111 a b	0.099 b

Le clone 1 307 possède une conductance stomatique significativement supérieure au clone 703.

Les valeurs détaillées de la conductance stomatique de la journée du 18 janvier sont présentées au graphique 8. On remarque que la conductance stomatique diminue généralement de 9 heures à 15 heures. La plus forte diminution se produit entre 9 et 11 heures. De 15 à 17 heures, la conductance stomatique augmente pour tous les clones; cette augmentation est significative pour deux clones : le 1 307 et le 1 313. C'est la réouverture du soir (MEIDNER et MANSFIELD, 1968). Le clone 1 333 se comporte de manière curieuse, puisque c'est lui qui ferme le plus ses stomates entre 9 et 11 heures, pour ensuite maintenir sa conductance stomatique à une valeur quasiment constante tout au long de la journée.

Valeurs moyennes de la conductance stomatique (G), observées
le 18 janvier 1985, sur des clones de caféiers ARABUSTA de l'essai
J 16 à ABENGOUROU.



3.3.3. Conclusion de l'essai Arabusta

Tous les clones de l'essai J 16 se trouvaient dans un excellent état phytosanitaire.

Les analyses des valeurs du potentiel hydrique ne mettent en évidence aucune différence significative entre les clones. Par contre, le clone 703 présente une conductance stomatique significativement plus faible pour les deux dernières journées. (voir tableaux 21 et 22) Cette différence n'est pas corrélée avec une quelconque infériorité du potentiel hydrique du clone 703 par rapport aux autres.

Il est important de remarquer que le clone 703 est issu d'un croisement différent des trois autres clones. De plus, ce clone offre une production généralement moindre (tableau 5).

Cette brève étude aura fait ressortir le manque de variabilité génétique au sein de l'espèce ARABUSTA. L'accroissement de la variabilité génétique est le problème crucial de cette espèce. Le nombre de croisements nécessaires pour obtenir un clone de valeur et le coût de ces croisements risquent fort de toujours handicaper l'ARABUSTA. Dans l'hypothèse où l'ARABUSTA serait cultivé à grande échelle, la recherche d'une résistance aux pestes serait plus ardue encore que dans le cas des autres grandes cultures. Enfin, la décision dans les années 60 de créer l'ARABUSTA s'inscrivait dans le contexte socio-économique d'une demande de café de bonne qualité. Actuellement, la production de café est excédentaire et l'offre de café ARABICA est particulièrement importante. Une analyse de marché et une estimation des coûts de la mise en culture de l'ARABUSTA serait indispensable pour juger de l'avenir d'une des réalisations les plus étonnantes de la génétique moderne.

3.4. L'ESSAI DE MULCH PLASTIQUE

3.4.1. Le potentiel hydrique

L'analyse statistique des quatres journées d'observations a mis en évidence les effets suivants :

(les résultats complets figurent à l'annexe III)

Tableau 23

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs du potentiel hydrique foliaire observées les 9, 14, 19 et 24 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (essai mulch plastique) à ABENGOUROU.

	9 janvier	14 janvier	19 janvier	24 janvier
Clones	-	**	**	**
Heures	**	**	**	**
Interaction	?	*	*	-

Les moyennes du 14 janvier se classent de cette manière :

Tableau 24

Moyennes journalières des valeurs du potentiel hydrique foliaire observées le 14 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.

	126 P*	461 P	461	126 P
Ψ_f (bars)	- 7.2	- 7.5	- 8.6	- 9.3

* P = couverture plastique

Les comparaisons entre moyennes ont été faites ici selon la méthode des contrastes orthogonaux. Les deux premiers contrastes comparent chacun un clone protégé par la couverture de plastique à son témoin. Le troisième compare les différences globales entre les deux clones. L'effet du plastique est positif pour les deux clones et ce de manière hautement significative.

Les moyennes du 19 janvier sont exposées au tableau 25 :

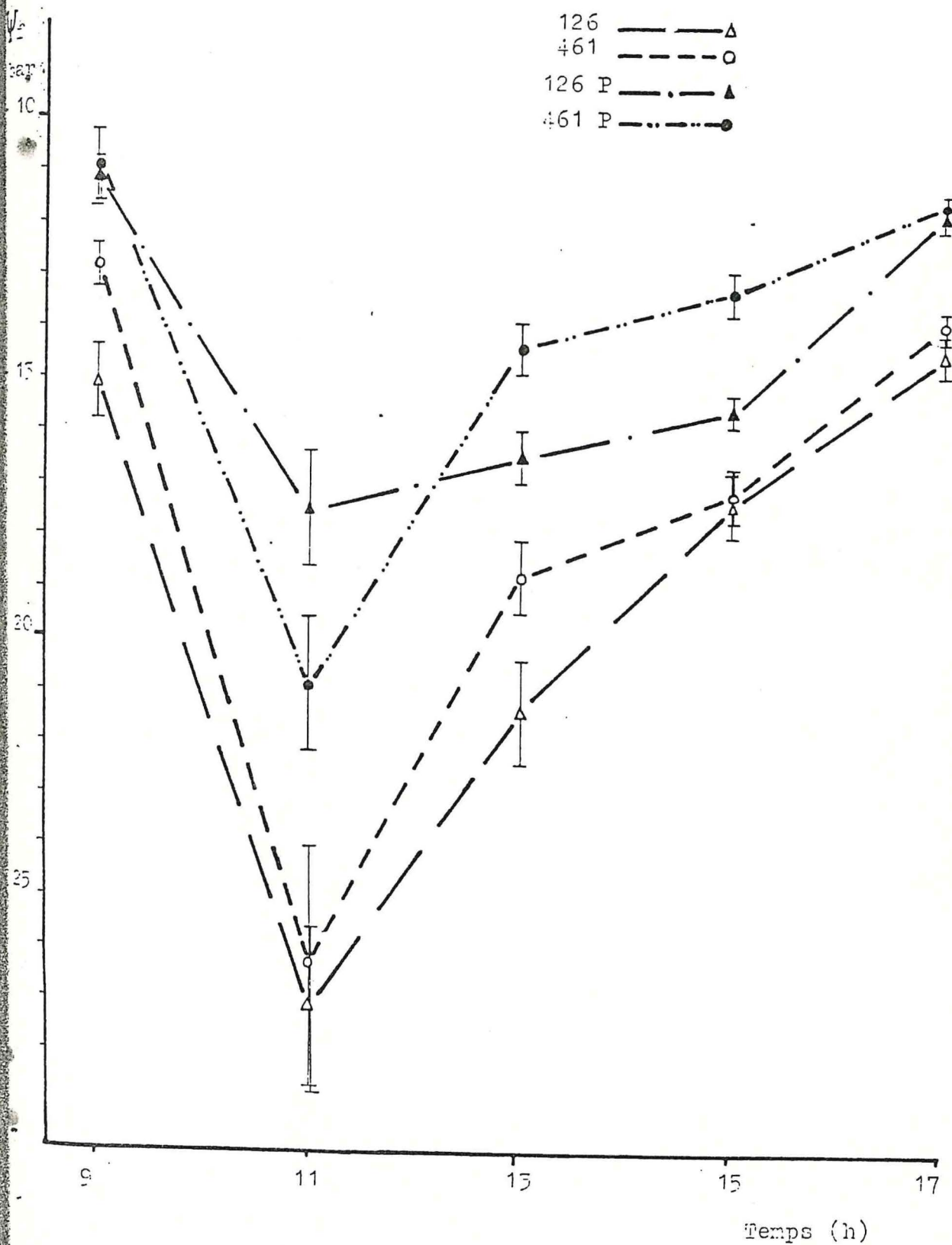
Tableau 25

Moyennes journalières du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) observées le 19 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.

	461 P	126 P	461	126
Ψ_f bars	- 14.3	- 14.6	- 17.9	- 19.2

Le mulch plastique a un effet hautement significatif sur le statut hydrique des deux clones observés. Les différences entre les 2 clones ne sont pas significatives. Les données détaillées de cette journée figurent au graphique 9.

Valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées le 19 janvier 1985 sur des clones de cafiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.



Le 24 janvier, les moyennes se classent de la manière suivante :

Tableau 26

Moyennes journalières du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) observées le 24 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.

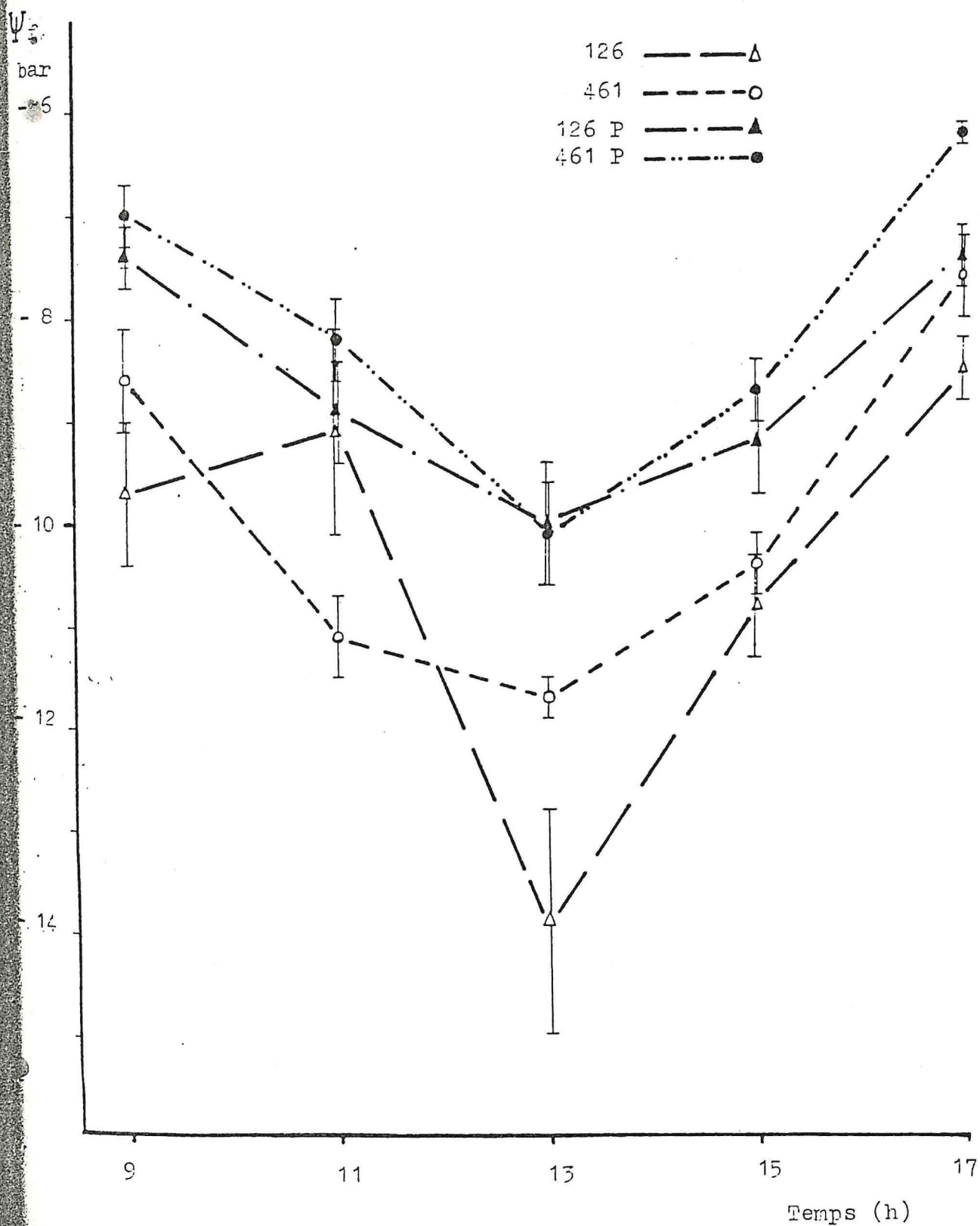
	461 P	126 P	461	126
Ψ_f (bars)	- 8.0	- 8.6	- 9.9	- 10.3

L'effet du plastique est hautement significatif pour les deux clones. Alors que le clone 461, considéré de manière globale (461 ~~et~~ 461 P), fait état d'un statut hydrique significativement meilleur que celui du clone 126.

Les données détaillées de cette journée figurent au graphique 10.

Au cours de la journée du 19 janvier, on voit le potentiel hydrique s'abaisser fortement de 9 à 11 heures, pour remonter ensuite de 11 à 17 heures jusqu'à des valeurs tout à fait comparables à celles de 9 heures. L'interaction significative (tableau 23) semble être provoquée par l'inversion de classement des "clones" 126 P et 461 P, qui s'opère entre 11 heures d'une part, et 15 et 17 heures d'autre part. Tout au long de la journée, les valeurs du potentiel hydrique sont toujours inférieures à - 10 bars, ce qui est faible. Le 19 janvier est la quatrième journée influencée par le vent d'harmattan. Il est possible que ces quatre

Valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées le 24 janvier 1985 sur des clones de cafriers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.



journées marquées par le vent desséchant, aient eu un effet cumulatif sur l'ensemble de l'essai. Ou encore, que le jeune âge de ces caféiers (2 ans) les ~~aient~~ait prédisposés à cette importante chute du potentiel hydrique.

Au cours de la journée du 24 janvier (graphique 10), on constate que les valeurs du potentiel hydrique de 9 heures sont remontées par rapport aux valeurs du 19 janvier à 17 heures (graphique 9). Le minimum de toutes les courbes se trouve cette fois à 13 heures. Pour la première fois, on remarque que les valeurs du potentiel hydrique du soir sont légèrement plus élevées que celles du matin (9 heures). Cela s'explique plus que probablement par la chute d'une pluie de 18 mm, dans la nuit du 23 au 24 janvier.

L'analyse statistique de l'évolution des valeurs du potentiel hydrique a donné les résultats suivants :

Tableau 27

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique de l'évolution des valeurs du potentiel hydrique foliaire, observées les 9, 14, 19 et 24 janvier sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.

	9.00 h	11.00 h	13.00 h	15.00 h	17.00 h
Clones	**	**	**	**	**
Jours	**	**	**	**	**
Interaction	?	*	**	**	?

Les contrastes ont donnés les résultats suivants :

Tableau 28

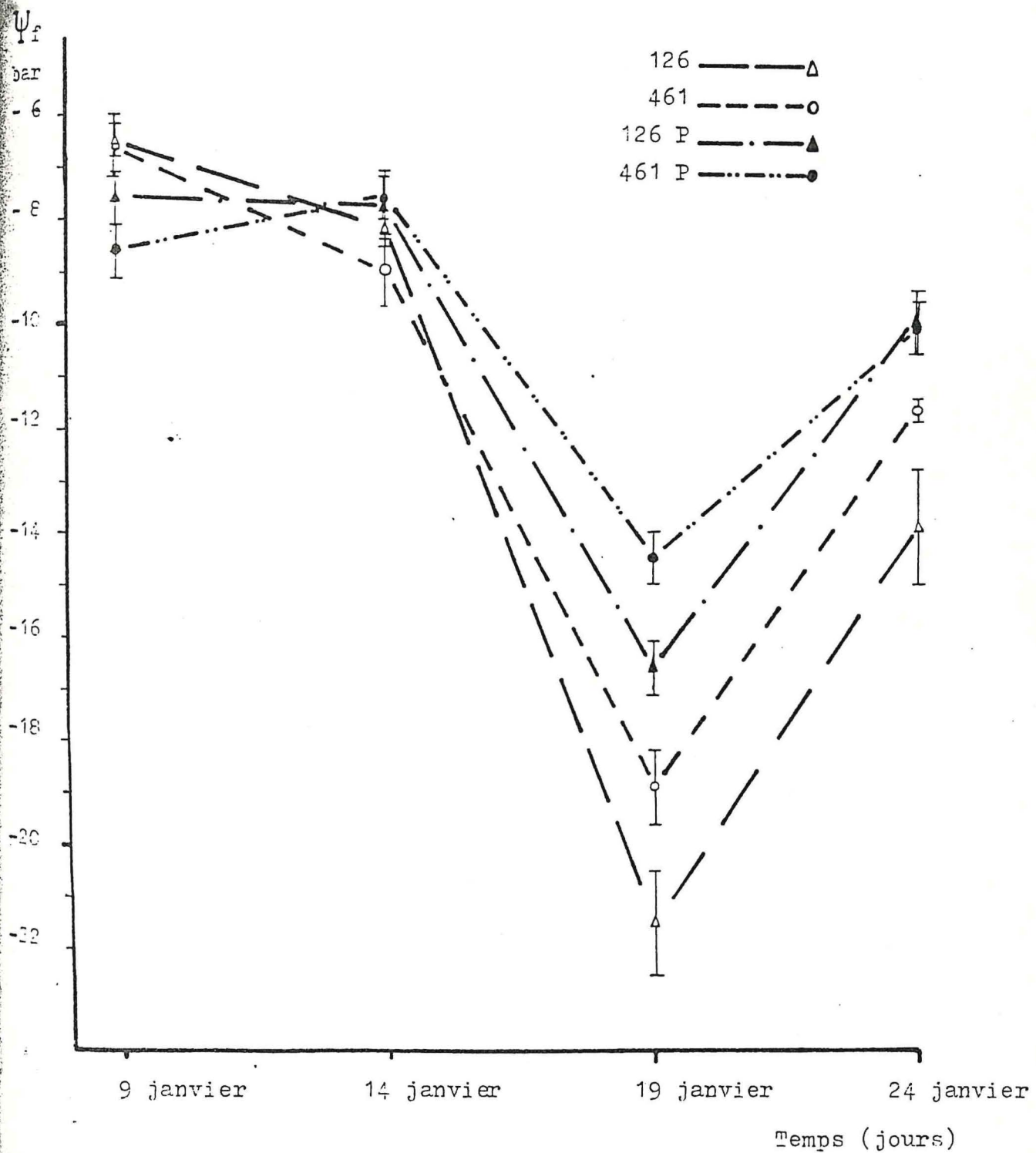
*Degrés de signification des résultats des contrastes orthogonaux portant sur l'effet
cloné du tableau 27*

	9 h	11 h	13 h	15 h	17 h
Effet du plastique sur le clone 126	**	**	**	**	**
Effet du plastique sur le clone 461	-	**	*	**	**
Comparaison entre les clones 126 et 461	-	-	-	-	*

On constate que le plastique a un effet nettement positif sur le maintien du statut hydrique dans la plupart des cas.

La comparaison entre les deux clones est significativement favorable au clone 461 à 17 heures. L'évolution du potentiel hydrique à 13 heures est retracée au graphique 11. L'effet dépressif de l'harmattan (19 janvier) apparaît ici très clairement. L'interaction hautement significative (tableau 27) est apparemment due à l'inversion de classement au cours du temps entre les clones protégés et leurs témoins. Le graphique 11 montre clairement que le mulch plastique a un effet nettement positif les journées du 19 et 24 janvier.

Evolution des valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (ψ_f), de 13 heures, observées les 9, 14, 19 et 24 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA de l'essai L 8/11 (mulch plastique) à ABENGOUROU.



3.4.2. La conductance stomatique

L'analyse statistique de la conductance stomatique au cours des journées d'observation a mis en évidence les effets suivants :

Tableau 29

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs de la conductance stomatique observées les 9, 14 et 19 janvier 1985 sur des clones de caféiers Robusta de l'essai L8/11 à Abengourou

	9 janvier	14 janvier	19 janvier
Clones	-	-	-
Heures	**	**	**
Interaction	-	-	-

En raison d'ennuis techniques, le nombre de données est malheureusement très limité. Aucune journée n'a pu être étudiée dans son entièreté.

3.4.3. Les relations entre le potentiel hydrique et la conductance stomatique

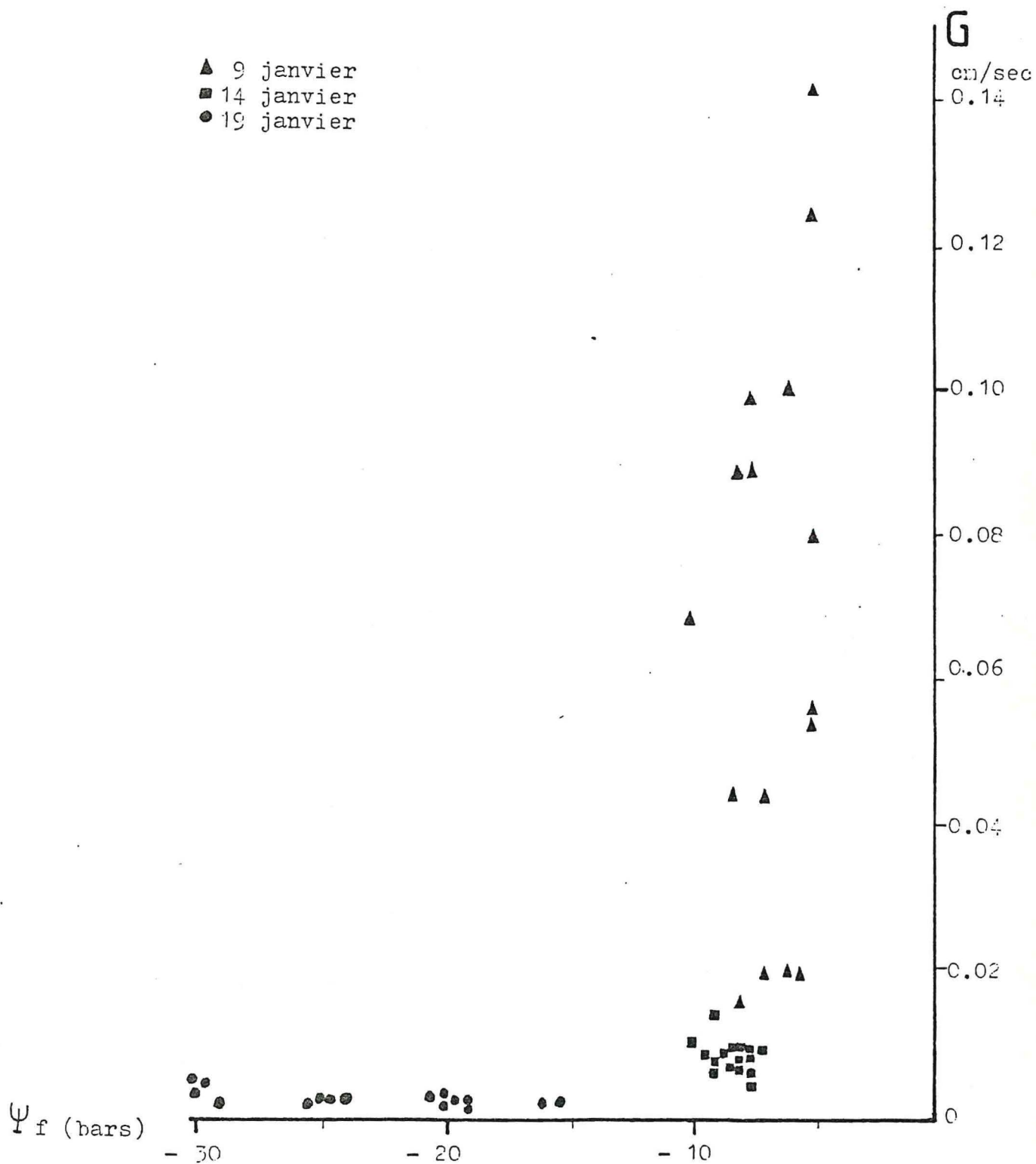
La baisse du potentiel hydrique provoque la fermeture stomatique. Mais de quelle manière ?

Nous avons établi la relation entre le potentiel hydrique et la conductance stomatique pour les journées du 9, 14 et 19 janvier à 11 heures (graphique 12). Pour chacune de ces journées, à 11 heures, l'irradiance était comprise entre 100 et 300 watt/m². Nous avons admis l'hypothèse que dans ces conditions, le potentiel hydrique reste le principal facteur pouvant causer une fermeture stomatique.

L'allure du graphique est tout à fait conforme aux courbes obtenues en laboratoire par TURNER (1974) et KASSAM (1973).

L'intérêt de ce graphique est de permettre de situer le seuil du potentiel hydrique en-deça duquel les stomates sont toujours fermés. C'est ce seuil qu'il faudrait s'efforcer de ne jamais atteindre, afin que les caféiers puissent continuer leur photosynthèse plus longtemps durant les journées de sécheresse.

▲ 9 janvier
■ 14 janvier
● 19 janvier



5.4.4. Conclusion de l'essai plastique

Le mulch plastique, en limitant l'évapotranspiration, a un effet nettement bénéfique sur le maintien du potentiel hydrique des caféiers. L'analyse statistique fait montre à maintes reprises de différences hautement significatives en faveur des clones protégés.

Par rapport au paillage, le mulch plastique présente l'avantage d'exiger de faibles besoins en main-d'oeuvre pour son installation, son coût principal réside dans l'achat du matériau plastique. Par contre, le paillage apporte de la matière organique qui fait souvent défaut dans les sols tropicaux. Enfin, l'albédo, très faible en plastique (noir) utilisé, en accroissant trop la température du sol, pourrait entraver la croissance des racines superficielles du caféier. Seule une étude économique approfondie permettrait de déterminer la méthode de conservation de l'eau du sol, la plus intéressante.

Le clone 461 paraît faire état d'un statut hydrique légèrement meilleur que le clone 126 (journée du 24 24 janvier).

Tous les clones étaient exempts de maladies et de parasites, mais quelques arbres du clone 126 montraient une croissance anormalement faible pour leur âge.

3.5. L'ESSAI LOCALISE A TANDA

3.5.1. Le potentiel hydrique

Rappelons que cet essai comparant des clones des espèces ARABUSTA et ROBUSTA avec des semenceaux ROBUSTA, fut mis en place afin de préciser leur comportement respectif dans une région marginale pour la culture du café.

L'analyse statistique a mis en évidence les effets suivants : (les résultats complets figurent à l'annexe IV)

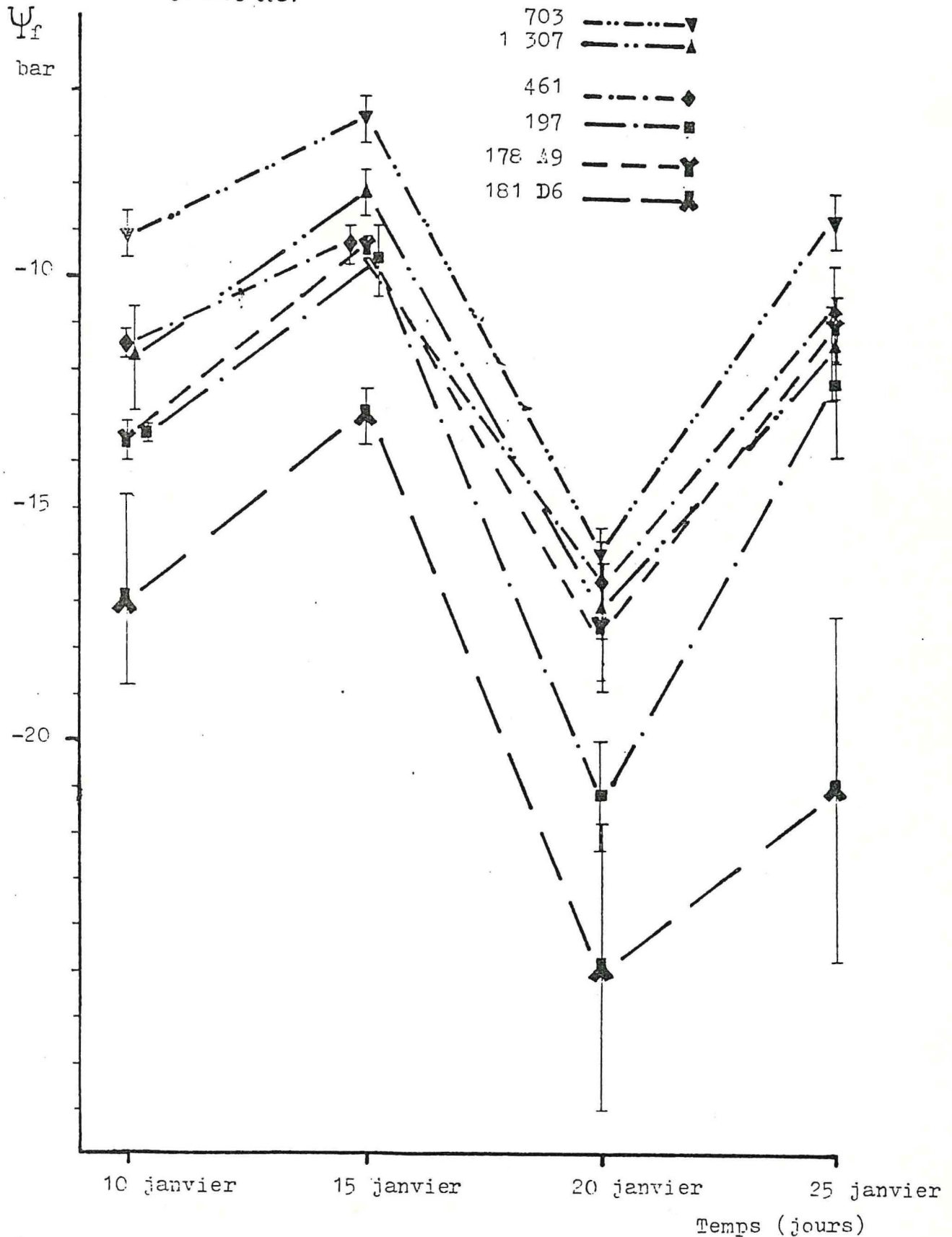
Tableau 30

Degré de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs du potentiel hydrique foliaire observées les 10, 15, 20 et 25 janvier 1985 sur des caféiers ROBUSTA et ARABUSTA à TANDA.

	15.00 h -
Clones	**
Jours	**
Interaction	-

Les résultats complets figurent au graphique 13.

Evolution des valeurs moyennes du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) à 13 heures, observées les 10, 15, 20 et 25 janvier 1985 sur des cafés ROBUSTA et ARABUSTA à TANDA.
clones de



Le classement des moyennes est présenté au tableau 31.

Tableau 31

Moyennes des valeurs du potentiel hydrique foliaire (ψ_f) observées les 10, 15, 20 et 25 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA et ARABUSTA à TANDA.

	1 313	461	703	178 A9	197	181 D6
ψ_f (bars)	- 10.2 a	- 12.1 a	- 12.2 a	- 12.8 a	- 15.9 a	- 18.9 b

Le potentiel hydrique du semenceau ROBUSTA 181 D6 est inférieur à celui de tous les autres "clones".

Les semenceaux possèdent théoriquement une variabilité plus grande que celle des clones. C'est ce que nous constatons, du moins pour le semenceau 181 D6.

En retirant les deux semenceaux de l'analyse statistique, nous avons obtenus les résultats suivants :

Tableau 32

Degrés de signification des résultats de l'analyse statistique des valeurs du potentiel hydrique foliaire observées les 10, 15, 20 et 25 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA, à TANDA.

et Arabusta

	13 janvier
Clones	**
Jours	**
Interaction	-

Le classement des moyennes des clones est le suivant :

Tableau 33

Moyennes des valeurs du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f), observées les 10, 15, 20 et 25 janvier 1985 sur des clones de caféiers ROBUSTA et ARABUSTA à TANDA.

CLONES	1 313	461	703	197
Ψ_f (bars)	- 10.1 a	- 12.1 a b	- 12.2 a b	- 13.9 b

Le clone 1 313 (ARABUSTA) fait état d'un statut hydrique significativement meilleur que le clone 197 (ROBUSTA).

3.5.2. Conclusion

Les caféiers de cet essai relevaient d'une attaque généralisée d'*Epicampoptera* (chenille queue de rat).

Les observations ont permis de montrer que le semenceau ROBUSTA le moins productif (181 D6) était aussi le moins résistant à la sécheresse.

Une analyse ne portant que sur les clones a mis en évidence le meilleur comportement du clone ARABUSTA le plus productif, le 1 333, face au clone ROBUSTA le moins productif, le 197.

Quant au comportement général des caféiers, la chute du potentiel hydrique le 20 janvier s'explique par la présence depuis plusieurs jours de l'harmattan.

5.6. COMPARAISONS ENTRE LES ESSAIS

5.6.1. Comparaison entre ROBUSTA et ARABUSTA

En toute rigueur, il est impossible de comparer les deux espèces sur le site d'ABENGOUROU pour plusieurs raisons. Les essais sont situés à des endroits différents l'essai ARABUSTA a été mis en place cinq ans après l'essai ROBUSTA, mais surtout, les observations étaient faites à un jour d'intervalle pour chacune des espèces.

On peut constater, malgré tout, que le potentiel hydrique est généralement supérieur chez l'ARABUSTA. Les courbes journalières semblent différentes : la remontée du potentiel hydrique se produit à partir de 13 heures chez l'ARABUSTA, alors qu'elle n'intervient que vers 15 heures chez ROBUSTA (voir graphique 5 et 6). Les valeurs de la conductance stomatique apparaissent par contre comme équivalentes.

Dans l'essai localisé à TANDA, l'on a pu mettre en évidence le meilleur comportement d'un clone ARABUSTA par rapport à un clone ROBUSTA. Ceci va à l'encontre des conclusions émises au terme d'une étude menée en chambre conditionnée (A. GOLDBERG, O. BIERNY et C. RENARD, 1984). Le clone ROBUSTA B présenta un meilleur comportement face à la sécheresse que l'ARABUSTA 1 352. Résultat qui était déjà apparu aux auteurs de l'étude comme non conforme à la réalité du terrain.

3.6.2. Comparaison ROBUSTA adulte - ROBUSTA jeune

les caféiers ROBUSTA de l'essai J 13 étaient âgés de près de 16 ans, alors que les ROBUSTA de l'essai L 8/11 avaient moins de 2 ans en janvier 1985. Il nous a paru intéressant de voir si les deux clones choisis dans l'essai L 8/11 se classaient de la même manière l'un par rapport à l'autre, qu'ils soient jeunes ou adultes.

Une pareille comparaison est d'un grand intérêt pratique. L'améliorateur désire naturellement opérer une sélection précoce. La résistance à la sécheresse est décelable assez tôt. Il reste à savoir si ce critère est significatif de la résistance à la sécheresse des caféiers adultes.

Dans l'essai L 8/11, le clone 461 a montré un meilleur comportement (différence significative) face à la sécheresse, au cours de la journée du 24 janvier. Dans l'essai J 13, au contraire, le clone 126 a pratiquement toujours un meilleur comportement que le clone 461, tant sur le plan du potentiel hydrique que sur celui de la conductance stomatique. Cette différence n'est significative que dans le cas des valeurs du potentiel hydrique observées le 12 janvier.

Un renversement du même ordre apparaît dans les chiffres de production des deux clones. Au cours des deux premiers cycles de production de l'essai J 13, le clone 461 s'est montré supérieur au clone 126, au cours du troisième cycle, au contraire, le clone 126 s'est avéré plus productif que le 461.

Toutefois, il est évident que nos affirmations basées sur une campagne d'observations de seulement 3 semaines demandent à être démontrées de manière plus étoffée afin de dépasser le stade actuel encore hypothétique.

4.1. LES PARAMETRES ETUDIES ET LE MILIEU

Les conditions écoclimatiques ont une importance énorme sur les deux paramètres étudiés, (Ψ_f et G). Les valeurs du potentiel hydrique et de la conductance stomatique sont modelées par les conditions du milieu.

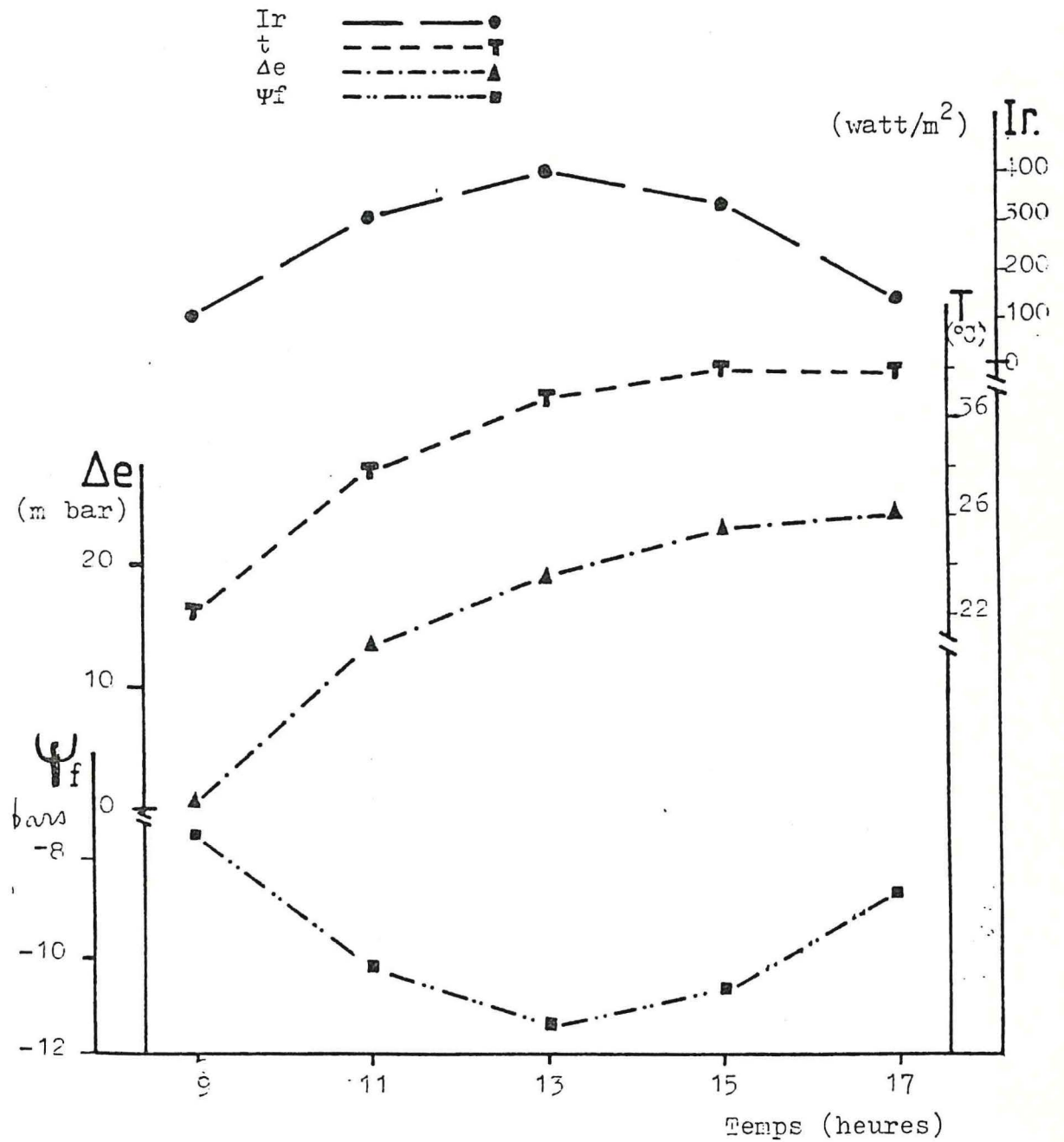
Une analyse statistique a permis de donner, pour l'essai ARABUSTA, le niveau de corrélation entre les paramètres suivants : le potentiel hydrique, le déficit en saturation de l'air, la température sèche et l'irradiance. Pour chacune de ces variables, nous disposons de 20 valeurs (4 jours x 5 heures). Dans le cas du potentiel hydrique nous avons pris en compte la valeur moyenne horaire de tous les clones.

Tableau 34

Matrice de corrélation entre le potentiel hydrique (Ψ_f), le déficit en saturation de l'air (Δe), la température sèche de l'air (t) et l'irradiance (Ir).

	Ψ_f	Δe	t	Ir
Ψ_f	1			
Δe	- 0.649	1		
t	- 0.556	0.815	1	
Ir	- 0.749	0.456	0.413	1

Evolution des valeurs de l'irradiance (I_r), de la température sèche (t), du déficit en saturation de l'air (Δe) et du potentiel hydrique foliaire (ψ_f) au cours d'une journée moyenne (8, 14, 18 et 24 janvier 1985) pour l'essai ARABUSTA (J 16) à ABENGOUROU.



Le plus haut niveau de corrélation s'établit logiquement entre la température sèche et le déficit en saturation. La corrélation négative élevée entre le potentiel hydrique et l'irradiance ne doit pas nous induire en erreur. L'irradiance, mesure de l'énergie solaire reçue par unité de surface à un moment précis, n'a aucune influence directe sur le potentiel hydrique. La corrélation élevée relève ici probablement de la similitude des deux courbes. Par contre, la somme des valeurs de l'irradiance : la radiation, a une grande influence sur le potentiel hydrique. En effet, la radiation est la cause première de l'élévation de la température et du déficit en saturation au cours d'une journée et de la fermeture des stomates.

La corrélation relativement faible entre le potentiel hydrique et le déficit en saturation où la température sèche n'est pas surprenante. En effet, la fermeture stomatique permet au caféier de se soustraire aux contraintes du milieu. (Graphique 15).

4.2. UN INDICE MORPHOLOGIQUE DE RESISTANCE A LA SECHERESSE

Sous l'effet du stress hydrique, le caféier transforme son aspect extérieur; des modifications se produisent au niveau de la chlorophylle afin d'augmenter l'albédo, les feuilles se replient longitudinalement, le caféier peut perdre des feuilles.

Les différences de réaction apparaissant chez les clones de ROBUSTA sont grandes. Les clones d'ARABUSTA, par contre, se caractérisent par une absence presque totale de modification extérieure.

Deux paramètres furent étudiés sur les clones ROBUSTA de l'essai J 13 : un indice d'ouverture foliaire et un indice de die-back.

L'indice d'ouverture fut défini comme le rapport entre la largeur apparente d'une feuille et sa largeur réelle.

L'indice de die-back fut défini comme le rapport entre le nombre de paires de feuilles présentes et le nombre d'entrenœuds d'un rameau primaire. Les rameaux choisis étaient situés à une hauteur comprise entre 1,60 m et 1,80 m.

On obtient des différences hautement significatives pour l'indice d'ouverture et des différences significatives pour l'indice de die-back entre les clones (analyse en ANOVA 1).

Les moyennes de l'indice d'ouverture se classent de la façon suivante :

CLONES	202	461	197	126
Indice d'ouverture (%)	64 a	63 a	58 a	26 b

Les feuilles du clone 126 sont significativement plus refermées que celles des 3 autres clones.

Le classement des moyennes de l'indice de die-back se présente ainsi :

CLONES	197	126	461	202
Indice de die-back (%)	58 a	52 a b	46 a b	29 b

Le clone 202 a perdu significativement plus de feuilles que le clone 197.

Ces résultats sont à mettre en relation avec les conclusions de l'essai ROBUSTA (voir 3.2.3.). Les clones 126 et 202 y apparaissent respectivement comme le plus résistant et le moins résistant à la sécheresse.

Une perte importante des feuilles semble bien être l'indice d'une mauvaise résistance à la sécheresse. Malheureusement, ce caractère est sujet à une assez forte variation.

Au contraire, un faible degré d'ouverture foliaire serait un indice d'une bonne adaptation à la sécheresse. Le caféier ne possédant des stomates qu'à la face inférieure des feuilles, cette relation ne semble, à première vue, pas explicable.

Afin de pouvoir valider ces indices, il faudrait augmenter fortement le nombre de clones étudiés.

4.3. CONCLUSION GENERALE

Globalement, nos observations ont mis en évidence des différences significatives entre certains clones et une influence favorable du mulch plastique sur le statut hydrique du caféier. Dans les conditions observées, la meilleure résistance à la sécheresse semblait apparemment corrélée à une meilleure productivité.

Pour pouvoir être utilisée par les améliorateurs, la rapidité et la précision des observations devraient être augmentées.

L'emploi d'un poromètre plus performant permettrait de rencontrer ces objectifs. Une autre possibilité serait d'utiliser un thermomètre à infra-rouge. Le refroidissement de la surface foliaire est apparu lié à l'intensité des échanges de vapeur d'eau dans le cas de caféiers ROBUSTA et ARABUSTA, étudiés en chambres conditionnées. (BIERTY, 1984)

Une étude physiologique approfondie permettrait de définir les mécanismes précis qui induisent une bonne résistance à la sécheresse. Cette analyse permettrait peut-être de définir un indice morphologique aisément décelable et fortement corrélé à la résistance à la sécheresse. Une semblable étude, menée sur le palmier à huile, a permis de mettre en relation le caractère recherché avec le diamètre du tronc à l'âge d'un an. (ADJAHOSSOU, 1983).

Selon SIMPSON (1981), c'est la définition d'un indice physique corrélé avec la résistance à la sécheresse qui permettrait d'inclure la résistance à la sécheresse parmi les critères de sélection d'une plante.

Deux voies donc nous paraissent permettre de grands espoirs, l'emploi d'appareils plus performants et la définition d'un indice morphologique, qui tous deux permettraient une discrimination sur une plus grande échelle.

ADJAHOSSOU, D.F., 1983 - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile, thèse de doctorat, Université Paris VII, 166 pp

BEADLE, C.L., STEVENSON, K.R., NEUMANN, H.H., THURTELL, G.W. et KING, K.M., 1973 - Diffusive resistance, transpiration and photosynthesis in single leaves of corn and sorghum in relation to leaf water potential. Can J. Plant. Sci., 53 : 537 - 44

BERGER, A., 1973 - Le potentiel hydrique et la résistance à la diffusion dans les stomates indicateurs de l'état hydrique de la plante. Réponse des Plantes aux Facteurs Climatiques UNESCO, Paris, 201-12.

BIERNY, O., 1983 - Comparaison des paramètres hydriques et des réactions du photosystème II chez Coffea Canephora PIERRE et Coffea Arabusta CAPOT et AKE ASSI en régime de dessèchement. Université Catholique de Louvain, 94 pp.

BOYER, J.S., 1970 - Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiology. 46 : 233-35.

COSTE, R., 1968 - Le caféier, collect. Tech. et Prod. Agric. Maison neuve et Larose, Paris, 310 pp.

DAGNELIE, P., 1975 - Théorie et méthodes statistiques, volume II, Presses agronomiques de Gembloux, 252-62, 461 pp.

GOLDBERG, A.D., BIERNY, O., RENARD, C., - Evolution comparée des paramètres hydriques chez Coffea Canephora PIERRE et l'hybride Coffea Arabusta CAPOT et AKE ASSI,

HSIAC, T.C., 1973 - Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant. Physiol., 24, 519-70.

JONES, C.H., PENA, D. et CARABALY, A., 1980 - Effects of plant potential, leaf diffusive resistance, rooting density and water use of several tropical grasses during short period of drought stress. Trop. Agric., 57 (3), 211-19.

JOSIS, P., 1983, - Etude des relations hydriques chez le caféier au Burundi, Université Catholique de Louvain, Mémoire, 107 pp.

KASSAM, A.H., 1971 - Influence of light and water deficit upon diffusive resistance of leaves of *Vicia faba* L. New Phytol. 72 : 557-70.

KESTEMONT, R.M., PARIS, J., 1983 - Les mesures répétées (un essai de synthèse), Ciaco, Louvain-la-Neuve, 45 pp.

KLEPPER, B., TAYLOR, H.M., HUCK, M.G., and PISCUS, F.L., 1973 - Water relations and growth of cotton in drying soil, Agron. J. 65 : 307-10.

LENEE, G. et BOYER, J., -1960 - Influence de l'humidité du sol sur l'économie d'eau et la croissance des caféiers du groupe *canephora* cultivés en Côte d'Ivoire, Café, cacao, thé, Paris, 4, 55-63.

LEVITT, J., 1972 - Responses of plant to environmental stresses. Academic Press., New York and London, 697 pp.

MEIDNER, H. and MANSFIELD, T.A., 1968 - Physiology of stomata Mac Graw Hill, London, 179 pp.

NEWMAN, E.I., 1966 - Relationship between root growth of flax (*Linum usitatissimum*) and soil water potential. *New Phytol.* 65 : 273-83.

POCHET, P., 1960 - Prévision de l'importance des récoltes dans les caféières de Yangambi. *Bulletin d'information de l'INEAC*, Bruxelles, Vol. III, 2, 71-79.

RASCHKE, K., 1975 - Stomatal action. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 26, 309-340.

RENARD, Ch. et NDAYISHIMIE, V, 1982 - Comparaison de la presse à membrane et de la chambre à pression pour la mesure du potentiel hydrique foliaire. *Café, cacao, thé*, Paris, 26, (1), 27-30.

SALIM, M.H., TODD, G.W., and SCHLEHUBER, A.M., 1965 - Root development of wheat, oats and barley under conditions of soil moisture stress. *Agron. J.*, 57, 603-7.

SIMPSON, G.M., 1982 - Water stress on plants, Praeger, New York, 324 pp.

STILES, W., 1970 - A diffusive resistance parameter for field use. *Appl. Ecol.*, Oxford, 7, 617-22.

STUART, T.S., 1968 - Revival of respiration and photosynthesis in dried leaves of *Polypodium polypodioides*. *Planta* 83 : 185-206.

TURNER, H.C., 1974 - Stomatal behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions soil water potential, *Plant Physiol.*, 53 : 360-85.